

Eötvös Loránd Tudományegyetem

Meteorológiai Tanszék

A repülésmeteorológiai célprognózisok minőségcéljainak és minőségindikátorainak vizsgálata

Diplomamunka



Készítette:

Hermann Edina Dóra

Meteorológus MSc, Időjárás előrejelző szakirány

Témavezető:

Kardos Péter

HungaroControl Zrt., FMET részlegvezető

Tanszéki konzulens:

Matyasovszky dr. István

ELTE TTK, Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2015.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Adatok, módszerek.....	5
2.1. Minőségirányítási rendszer, minőségcélok, minőségindikátorok	5
2.2. Verifikáció.....	7
2.2.1. Kódolt repülőtéri előrejelzések verifikációja	7
2.2.2. Szöveges prognózistípusok a Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtéren	10
2.2.2.1. Időjárás előrejelzés Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér térségére	10
2.2.2.2. LHBP LVP előrejelzés	11
2.2.2.3. Munkatermi tájékoztató.....	12
2.3. Verifikációs módszerek.....	13
2.3.1. Folytonos verifikáció.....	13
2.3.2. Kategóriás verifikáció	14
2.4. A repülőtéri előrejelzések felhasználói	17
3. Feladatok, számítások.....	19
3.1. A felmérés	20
3.2. Verifikációs vizsgálat	23
4. Eredmények.....	25
4.1. A korábbi verifikációs séma eredménye	25
4.2. Ritka események és felhasználói igények	35
4.3. Felhasználói igények alapján módosított verifikációs módszer eredménye.....	40
4.3.1. A toronyirányítói előrejelzésre alkalmazott verifikáció eredményei	43
4.3.2. A DAM előrejelzésre alkalmazott verifikáció eredményei	47
4.3.3. A munkatermi irányítói előrejelzésre alkalmazott verifikáció eredményei.....	55
4.4. A turbulencia-verifikáció eredménye	60
5. Összegzés.....	62
6. Köszönetnyilvánítás	66
7. Irodalomjegyzék.....	67
8. Függelék	69

1. Bevezetés

A repülés világában az időjárásnak kiemelt szerepe van. A repülőgépek olyan közegben közlekednek, ahol az adott körülményeket a meteorológiai folyamatok alakulása határozza meg. A repülésmeteorológia tehát központi szerepet tölt be a repülés biztonságát illetően, továbbá segíti annak költséghatékonyságát, hozzájárul a repülőterek gazdaságosabb működéséhez.

Ez teszi alapvető fontosságúvá a repülésmeteorológus szakember munkáját, aki egyrészt tájékoztatja a repülőtér megfelelő szerveit az aktuális és a várható időjárási körülményekről, változásokról, hogy azok felkészülhessenek az esetlegesen bekövetkező helyzetekben szükséges intézkedések végrehajtására. Másrészt a hajózó személyzet számára küld a repülés tervezett útvonalával, illetve a célrepülőtérrel kapcsolatos meteorológiai információkat, illetve indokolt esetben riasztást a várható veszélyes időjárási jelenségekre (Steierlein, 2014).

A repülésmeteorológiai szolgáltatás csak úgy lehet teljes, hogy vizsgáljuk az előrejelzésekhez szorosan hozzátartozó bevadásokat is (Caesar, 2007). A verifikáció célja ugyanis, hogy felmérjük az előrejelzések pontosságát. Segítségével ellenőrizhető, hogy a prognózisok továbbra is tartják-e a korábban jellemző precizitási szintet, továbbá vizsgálható, hogy melyek a jobban, vagy rosszabbul „teljesítő” időszakok az év során. Azaz a verifikációs vizsgálatokkal nem csak egyszerűen áttekinthetőbbé válnak az előrejelzések, de felfedik az esetlegesen javítandó részeket, felhívva rá a figyelmet és megkönnyítve a beavatkozást. Az eljárás tehát egyfajta visszacsatolást ad a meteorológusnak, miközben a felhasználókat is informálja az előrejelzés pontosságáról (Potor, 2008). Ebből kifolyólag kiválóan alkalmas arra, hogy minőségcél formájában egy minőségirányítási rendszer részévé váljon, amelyet az ICAO a szerződő államok számára ajánlasként meg is fogalmaz az *Annex 3* 2.2.2 pontjában (ICAO, 2013).

Diplomamunkámban elsősorban azt kívántam kideríteni, hogy vajon a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtéren készülő meteorológiai előrejelzések hogyan tudnák még jobban kielégíteni a vevő, felhasználói igényeket, valamint arra keresem a választ, hogy a szolgálat életében bekövetkezett, a prognózisokra is hatással bíró változások milyen ráhatással voltak a repülésmeteorológiai szolgáltatás minőségére. E cél eléréséhez és megvalósításához én a verifikáció eszközét, és ehhez kapcsolódóan a repülőtéri célprognózisok minőségcéljainak és minőségindikátorainak vizsgálatát választottam.

Amikor napjainkban már szinte minden cégnek kötelező minőségirányítási rendszert működtetnie, nem lepődhetünk meg, hogy egy olyan kiemelt helyen, mint a Liszt Ferenc Repülőtér, a repülésmeteorológiai szolgáltatásért felelős HungaroControl is alkalmaz ilyen. Az előírások szerint a szervezet és az alegységek minőségcéljainak teljesülését folyamatosan monitorozni kell. E a szabály alól repülésmeteorológia sem kivétel. Következésképpen a repülőtéri előrejelzők olyan ellenőrző módszert dolgoztak ki az elkészülő prognózisokra, amelynek eredményével (ők is) visszaigazolást kaphatnak azok pontosságáról. Ami egy ilyen rendszerben alapvető fontosságú, hogy a vonatkozó produktumok felhasználói, azaz minőségügyi szempontból a „vevők” igényei legyenek pontosan feltérképezve. Ez azonban a minőségirányítási rendszer kialakításakor nem került külön felmérésre, hanem a korábbi szerződések és együttműködési megállapodások alapján lett kialakítva. Ez azt jelenti, hogy nem feltétlenül lettek figyelembe véve a felhasználók pontos igényei. Pedig ők azok, akik megkapva a Repülésmeteorológiai Osztálytól az előrejelzést, a napi gyakorlatban használják az abban lévő információkat munkájuk során.

Ezért fontos meghallgatni az ő álláspontjukat is, továbbá felmérni, hogy hogyan vélekednek a kapott előrejelzésekről, hiszen végtére is ők tapasztalják, hogy mely meteorológiai információk segítenek nekik a legjobban, és, hogy ezeknek mennyire szükséges pontosnak lenniük az ottani folyamatok gördülékeny működéséhez. Mindezen véleményeket, tapasztalatokat, javaslatokat személyes interjú keretében kívántam megismerni és rögzíteni.

Ezután – figyelembe véve, hogy igényeik szerint az előrejelzésben mi esik latba nagyobb súllyal, és mi kevésbé – az összegyűjtött szempontok alapján felül kívántuk vizsgálni a minőségindikátorokat, valamint a korábbi verifikációs számításokat és hatékonysági mutatókat. A kapott eredmények alapján pedig – immár a tapasztalataikkal megalapozva – elvégezni az új verifikációt, esetleg módosítani a minőségcélokat. Ezzel biztosítandó, hogy a minőségirányítási rendszerben alkalmazott minőségcélok a lehető legjobban tükrözzék a felhasználói igényeket és prioritásokat. A dolgozatban leggyakrabban előforduló repülésmeteorológiai és egyéb rövidítések magyarázata a **Függelék** végén, a **Rövidítések jegyzékéből** visszakereshető.

2. Adatok, módszerek

2.1. Minőségirányítási rendszer, minőségcélok, minőségindikátorok

Ahhoz, hogy egy adott szervezet bizonyíthassa, hogy képes folyamatosan olyan terméket vagy szolgáltatást előállítani, amely megfelel a vevői és jogszabályi követelményeknek, minőségirányítási rendszert kell működtetnie (MIR). A MIR tulajdonképpen egy kritériumrendszer, amelynek szabályai szisztematikus, bármely szinten végrehajtható ellenőrzéssel és minőségigazolással biztosítják a termék, az egyes folyamatok, sőt az egész vállalat áttekinthetőségét. Magába foglalja az adott szervezet, illetve a minőségre hatással lévő munkatársak tevékenységének felmérését, rendszerezését, összehangolását, javítását, a képzését, valamint dokumentálását és ellenőrzését is. Az előírásokat minőségügyi szabványok tartalmazzák, amelyek célja, hogy megadják a MIR-re vonatkozó követelményeket. Egységes iránymutatásaik általánosan vannak megfogalmazva, hogy azokat az adott szervezet, illetve annak egységei, osztályai saját folyamataik alapján specializáltan alkalmazhassák. E szabványok előnye többek között a kompatibilitás, a kölcsönös megértés, az azonosíthatóság (a tevékenységek visszaellenőrizhetők, az eredmények összehasonlíthatók), a termékek védelme (esetünkben a szóveges előrejelzések), és a biztonság. Magyarországon a MSZ EN ISO9001 jelzésű van érvényben, ahol az *MSZ* a magyar-, az *EN* az európai, az *ISO* pedig a nemzetközileg használt szabványt jelenti.

E rendszernek képezi szerves részét az ún. dokumentációs rendszer. Kialakítása során meg kell határozni az előírt feltételek megteremtésének módját, a szabvány szerinti rendszer dokumentációját, ki kell dolgozni az egyes dokumentumok szintjeit, felépítését, a különböző tevékenységek szabályozási szintjét. Ide tartozik még a minőségpolitika és minőségcél megállapítása is, amely garantálja, hogy az adott termék/szolgáltatás (esetünkben az előrejelzés) minősége a szervezet által vállalt célérték felett/alatt marad. Ahhoz azonban, hogy ez a kitűzött szint tartható, a cél elérhető legyen, azaz a folyamatok eredményességét egyszerűen lehessen ellenőrizni, (ha kell, javítani,) minőségindikátorokat kell bevezetni. Ezek segítségével könnyen nyomon követhetők az egyes műveletek, ezen kívül azt is jelzik, ha a rendszerben hiba, vagy romló tendencia figyelhető meg. Emiatt a minőségi indikátorok és minőségcélok a MIR-nek igen lényeges részét képezik. Különösen fontos szerepet töltenek be ezek, vagyis a minőség és a megbízhatóság szinten tartása, a

folyamatos fejlesztésre való törekvés az ország legforgalmasabb repülőterére, a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre vonatkozó időjárás előrejelzésénél.

Egy terméknel – esetünkben a kiadott prognózisnál –a jó minőség mellett az is számít, hogy ezzel hosszú távon is rendelkezzen. Ugyanis a felhasználók addig fognak mellette megbízni benne, amíg a termékkel szemben támasztott igényeik teljesülnek, illetve a tapasztalt, elégedettséget kiváltó tulajdonságok nem romlanak. E bizalom fenntartása, illetve felkeltése miatt van szükség a minőségbiztosításra és a minőségsszabályozásra. Ebből kifolyólag pedig a szervezetnek folytonosan ellenőriznie és igazolnia kell a termék állandó megfelelőségét, minőségét, amely célra a minőségi indikátorok kiváló eszközök.

A MIR bevezetését megelőzően azonban előbb meg kell határozni:

- a vevők igényeit
- a szervezet minőségpolitikáját és minőségcéljait (amelyet a termék előállításakor meg kell valósítani)
- az ehhez szükséges folyamatokat és felelősségeket, erőforrásokat
- az eredményesség mérésére a minőségindikátorokat, mérőszámokat,
- valamint az eltérések kijavítására és megelőzésére szükséges eszközöket

Emellett szükséges még:

- a MIR rendszeres kiértékelése,
- a folyamatos fejlesztésre való törekvés,
- a munkatársak képzése,
- a nyílt információ-áramlás,
- és kiemelt fontossággal a vevőközpontúság.

Mert bár a szakember az, aki ismeri és elkészíti a szolgáltatás vagy a termék legideálisabb formáját, de kell a felhasználó véleménye is, hiszen ő az, aki a gyakorlatban használja. Emiatt elengedhetetlen a rendszeres vevői igény- és/vagy elégedettség felmérés, annak elemzése, megértése és a változó igényekre való reagálás.

A rendszeres ellenőrzések tehát a rendszer kulcsfontosságú részei, mert eredményük képet ad a tevékenység hatékonyságáról. Segítségükkel nem akkor kell az adott folyamat(ok)ba beavatkozni, amikor az már rosszul teljesít, hanem a folyamatok, trendek megfigyelésével kiderülhetnek az esetleges eltérések, a minőségjellemzők visszatéríthetők az korábban meghatározott célértékre. Ahhoz pedig, hogy ezt megtehessük, ún. minőségindikátorok megalkotására van szükség. Ezek lesznek azok a bizonyos számszerű

és objektív mutatók, amelyek a folyamatok során értékük módosulásával felhívják a figyelmet a rendszerben bekövetkezett negatív/pozitív változásokra, tendenciákra. Így tehát, ha a termék minősége nem felel meg a szervezet által vállalt minőségcélnak, úgy megindulhat a helyesbítő tevékenység a szolgáltatás vagy termék javítására. Ez az ún. PDCA folyamat (*Plan, Do, **Check** & Act*) „*Check*” komponense, amely esetünkben a repülőtéri előrejelzések (mint szolgáltatást tekintve) prognózis-beválás vizsgálatának, azaz a verifikációnak felel meg.

2.2. Verifikáció

A prognózisok minőségét egyfelől jellemzi a pontosságuk, ami időbeli és kódolási precizitást is jelent, másfelől a valóságtól való eltérés mértékével jellemezhetők. Ennek ellenőrzésére szolgál a verifikáció, azaz a prognózisok beválásának ellenőrzése. Előbb azonban tekintsük át a vizsgálat alapjául szolgáló kódolt és szöveges előrejelzések fajtáit.

2.2.1. Kódolt repülőtéri előrejelzések verifikációja

A fentiek alapján elmondható, hogy előrejelzés többféle formátumban is készül, funkciótól és felhasználótól függően. Két fő típust lehet ezen belül megkülönböztetni. Az egyikbe a távirati formában megírt TAF, illetve a METAR tartozik, a másik típust pedig a szöveges célprognózisok képviselik, amellyel jelen diplomamunka is foglalkozik. Ami az első csoportbelieket illeti, a TAF (**T**erminal **A**erodrome **F**orecast) egy 24 órás időszakra vonatkozó előrejelzés, amelyben a várható időjárás angol nyelvű betűkódok és számok formájában olvasható, és amely a földi kiszolgáló és a hajózó személyzet számára nyújt segítséget az üzemeltetési és a repülési feladatokra való felkészülésnél (*Steierlein, 2014*). A METAR pedig egy repülésre vonatkozó, alapvetően az aktuális időjárási viszonyokat leíró (szintén angol betűkódok és számok segítségével) félóránként, vagy óránként kiadott távirat, amelynek végén egy ún. Trend, vagy más néven leszállási előrejelzés szerepel. Utóbb említett rész 2 órás érvényességi időszakra szól [*1 – METAR és SPECI leírás*].

A legkiterjedtebb szakirodalommal jelenleg a TAF verifikációs vizsgálat rendelkezik, amelynek tanulmányozása már az 1990-es években első felében megkezdődött. Az ellenőrzési rendszer kidolgozásához kezdetben a fél óránként kiadott METAR táviratokat használták fel (*Harris, 1998*). Később, a 2000-es évek elején pedig már a SPECI-ket is belevették az értékelésbe, ami érthető is, hiszen ezzel figyelembe vehetők a heves, de rövid ideig tartó időjárási jelenségek verifikálása is (*Fuller, 2003; Kleupfel, 2005*). Ezzel együtt a nemzetközi szakirodalomban leginkább az ún. kategóriás

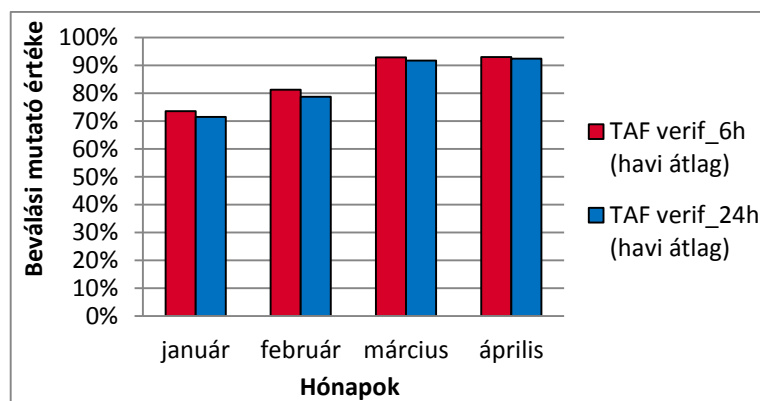
verifikáció terjedt el, amelyben a határértékeket az ICAO ajánlása alapján határozzák meg (ICAO, 2013). Ennek során a szélsébségre, szélirányra, széllelkésre, a horizontális látástávolságra, valamint a jelenidőre és a 4 oktánál nagyobb mennyiségű felhőzet esetére lehet használni a sémát.

A módszer alkalmazását illetően számos tanulmány látott napvilágot. *Kleupfel* (2005) például a korábbi évek sémáival szemben (ahol legtöbbször széllelkés, látástávolság, jelenidő és felhőzet esetében használtak kategóriás sémát; míg a szélsébséget és a szélirányt időben folytonos változóknak tekintették) az összes előrejelzendő elemre alkalmazta a kategóriás verifikációt. *Mahringer* (2008) pedig olyan módszert talált ki, amelyben a jelenidőket különböző csoportokba sorolta, majd ezután 2-kategóriás kontingencia-táblázatot készített és használt. Hazánkban is folytak hasonló kutatások, terjedtek el alkalmazható módszerek. *Wantuch* (2008) fejlesztette ki például azt az automatizált verifikációs eljárást, amellyel a 9 és 24 órás TAF-okat ellenőrzik, méghozzá úgy, hogy csak a szélirányt, szélsébséget és a látástávolság előrejelzésének bevalását figyeli az algoritmus, míg a veszélyes jelenségeket (jelenidő, 4 oktánál több felhőzet) kiszűri. Ezt a sémát az OMSZ is alkalmazta egészen 2010-ig, majd 2011-ben egy új, a kategóriás és a pontozásos módszert kombináló eljárásra tértek át, amellyel már minden TAF-ban szereplő elemre ki lehetett terjeszteni a verifikációt (*Sándor és Bozó*, 2011). Ezen kívül a METAR végén szereplő leszállási előrejelzés verifikációjának témájában is született tanulmány, 2014-ben *Steierlein* vizsgálta ezt az ultrarövidtávú prognózis-típust egy újfajta pontozásos módszerrel.

A TAF-fal kapcsolatban megemlítenő még, hogy a táviratot korábban minden hazai polgári repülőtérre az OMSZ adta ki, ám ez a helyzet 2015-től megváltozott. Idén január 1-jétől ugyanis a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre a repülőtér meteorológiai tájékoztatásáért felelős, a HungaroControlhoz tartozó repülőtéri meteorológiai iroda (FMET) előrejelzői adják ki a TAF-ot. *Kardos Péter*, az FMET részlegvezetője elmondta, hogy a 24 órás érvényességi idejű táviratokat naponta 4-szer adják ki: reggel, dél körül, késő este, illetve éjfél körül (5, 11, 17 és 23 UTC időpontokban). A TAF-ok bevalásának vizsgálatára az előrejelzők verifikációs eljárást is kidolgoztak, amely elmondása alapján, röviden a következő.

Négy alapparamétert figyelnek: szél, látástávolság, jelenidő, felhőzet; amelyeket 2x24 időlépcsőben, vagyis félóránként ellenőriznek vissza. Vizsgálják az érvényességi idő első 6 órájának és a teljes 24 órának a bevalását, az egyes kategóriák előrejelzésének pontosságát, valamint azt is, hogy melyik tényező miatt és milyen gyakran kellene kiadni

AMD TAF-ot, azaz módosított TAF-ot az adott időpillanatban fennálló időjárási körülmények alapján. Amennyiben a paraméter előrejelzése helyes volt, az 20 pontnak felel meg, ez a maximum érték. Viszont bünteti a módszer a pontatlanságot és a jelentősen eltérő (hibás) prognózist, előbbiért (annak mértékétől függően) pontlevonás, utóbbiért pedig 0 pont jár. A 4 tényező előrejelzési pontjainak összege adja ki azt az 1-100 közötti végső pontszámot (helyes előrejelzések esetén a maximális 100-at), amely aztán egyetlen számként jellemzi az előrejelzői munkát. A TAF-ok beválását a 24 órás időtartam alatt egyenlő súlyozással kezelve vizsgálják. Teszik mindezt azért, hogy kiküszöböljék az időjárás napi változékonyságának hatását. Eddigi eredményeik alapján az érvényességi idő első 6 órájára vonatkozó előrejelzés beválását összehasonlítva a 24 órás prognózisával az előbbi jobbnak bizonyult, emellett pedig az elmúlt 3 és fél hónapot tekintve a mutatók mindkét esetben emelkedő, javuló tendenciát mutattak (1. ábra), amely nyilvánvalóan a nagyobb gyakorlat mellett a kevésbé összetett tavaszi időjárási helyzeteknek köszönhető.



1. ábra. A TAF távirat első 6 órabeli, és napi beválási mutatójának havi átlagai (2015. január – április közepe)

A szöveges célprognózisok verifikációját illetően viszont nem találkozni publikációval ebben a témában, így valószínűleg a paraméterekben, és kódolásban a hozzá legközelebb álló előrejelzési típus, a TAF beválási vizsgálatát alkalmazzák rájuk, vagyis a kategóriás és a pontozásos módszer valamilyen egyedi kombinációját. Ahhoz azonban, hogy az egyes folyamatok, részegységek folyamatosan fejleszthetők, fejlődésük nyomon követhető, illetve az esetleges hibák egyszerűen és időben orvosolhatók lehessenek, valamint a teljes előrejelzői munka könnyen átlátható, ellenőrizhető legyen, és egyetlen mutatószámmal lehessen jellemezhető, minden résznek összegezhetőnek és összehasonlíthatónak kell lennie a többivel. Vagyis olyan tudományosan megalapozott beválás-vizsgáló módszerre, vagy módszerekre van szükség, amelyek minden esetben egy

1 és 100 közötti végső pontszámot ad meg az eredményesség mércéjeként, ezáltal pedig, mint minőségcél-érték tud funkcionálni a minőségirányítási rendszerben.

2.2.2. Szöveges prognóztípusok a Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtéren

A HungaroControl FMET irodájában, alapjában véve három féle prognózis készül, időjárési kódokkal, ahol pedig szükséges, szövegesen kiegészítve.

A repülőtér üzemeltetése miatt a jellemző időjárési körülmények alapján, két félévre bontják a teljes évet: egy nyári, és egy téli üzemeltetési időszakra. A nyári április 1-jétől október 31-éig tart, míg a téli november 1-jétől március 31-éig. Ennek oka, hogy azok jelenségek, amelyekkel leginkább csak télen lehet találkozni, gyakran a hűvösebb tavaszi, őszi hónapokban is előfordulhatnak. Ezzel a felosztással tehát az ilyen esetek később kevésbé érik váratlanul az előrejelzőket, és a repülőtér is könnyebben fel tud készülni a várható körülményekre, az időben kiadott tájékoztatás alapján.

2.2.2.1. Időjárás előrejelzés Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér térségére

Az első prognóztípus a 24 órás időtartamra, a Budapest, Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér teljes térségére vonatkozó időjárás előrejelzés (továbbiakban: 24 órás időjárás előrejelzés). Ezt a nyári időszak alatt naponta egyszer készítik el és küldik el, érvényessége rendszerint aznap délutántól (helyi idő szerint 13 órától), másnap délutánig (13 óráig) tartó időszakra szól. Tájékoztató jelleggel pedig a következő napok időjárását is ismerteti.

A prognózis a következőket tartalmazza:

- általános időjárási helyzet,
- felhőzet,
- csapadék,
- szélviszonyok,
- hőmérséklet várható alakulása,

valamint

- figyelmeztet a várható veszélyes időjárási jelenségekre,
- jellemzi a másnapi és a rákövetkező napok időjárását.

A szél sebessége [m/s] mértékegységben van megadva, iránya fokban. Veszélyes időjárási eseményre zivatar, jég, ónos eső, erős széllelés (20, 30, illetve 40 kts-t (csomó) meghaladó, azaz 10, 15, 20 m/s-os sebesség túllépése) esetében kell felhívni a figyelmet az erre szolgáló cellában.

A téli időszakban naponta kétszer készül ilyen prognózis, viszont rövidebb, 18 órás időszakokra vonatkozóan: helyi idő szerint 00 órától 18 óráig, és átfedéssel 12 órától, másnap reggel 6 óráig tartó érvényességgel. A nyárral összehasonlítva az is különbség, hogy ebben az esetben többféle paraméter szerepel a prognózisban.

Az általános időjárási helyzet, látási viszonyok, a talajszél és a távolabbi kilátásokon kívül a következő napra, az alábbiakat tartalmazza még az előrejelzés:

- Felhőzet, csapadék
 - Kicsapódás, lerakódás típusa a felületekre
 - Hulló csapadék jellemzése
 - Ebből: a lerakódás típusa, mennyisége
- Hőmérséklet (időszak kezdetén, közepén, végén)
 - levegő
 - harmatpont
 - beton
- További 48 órában a várható:
 - havazás, havas eső
 - ónos eső, ónos szitálás
 - dér, zúzmara

Az utolsó pontban felsorolt, az előrejelzési időszakot követő két napban várható veszélyes eseményeknél a bekövetkezés valószínűségének növekedését/csökkenését, vagy a jelenségek valószínűtlenségét kell feltüntetni többlet információként. Ami viszont első pontban megemlített kicsapódás, lerakódás típusát illeti, ott a nedves, dér vagy zúzmara, és a nedves felszín lefagyása közül lehet választani; a hulló csapadék esetében pedig százalékos arányban adható meg, hogy nyomnyi, 1-4 mm, 5-10 mm, vagy 10 mm-nél nagyobb mennyiségben várja azt az előrejelző. A hulló csapadékból történő lerakódás esetében a vizes/nedves, latyakos, jeges, hó lepel 1-2 cm, 2-5 cm, 5-10 cm és 10 cm feletti kategóriák közül lehet választani, amennyiben szükséges.

2.2.2.2. LHBP LVP előrejelzés

A második típus a 6 óránként 9 órás időtartamra vonatkozó LHBP LVP előrejelzés, amelyben figyelmeztetés szerepel, ha a jelentősen lecsökkent látási viszonyok miatt alkalmazandó eljárások (LVP) elrendelése szükségessé válhat a biztonságos üzemeltetés érdekében.

Ebben az esetben a prognózis a következőkről tájékoztat:

- szélviszonyok,
- felhőzet,
- csapadék,
- hőmérséklet várható (egyes esetekben néhány órás időszakokra vonatkozó) alakulása,

valamint

- az esetlegesen bekövetkező veszélyes jelenségekről
- és az LVP időszakokról.

A szél sebessége itt is kts, az iránya pedig fok mértékegységben van megadva. Az időpontok viszont az előző típustól eltérően itt mindenhol UTC-ben értendők. A hőmérsékleti értékek az időszak közepére és végére vonatkoznak. Veszélyes jelenségeként ennél a típusnál a 30 kts feletti szellőkés, a zivatar, és az ónos eső sorolandó.

2.2.2.3. Munkatermi tájékoztató

A harmadik típus a munkatermi tájékoztató. Az első fajtahoz hasonlóan ez is 24 órás időszakra vonatkozik, de ellentétben azzal, itt a hangsúly főleg a nagy magasságokban (több ezer méteren) jellemző időjárási körülményeken van. Ezen kívül ez a típus még abban is különbözik a többitől, hogy a három közül ez a „legfiatalabb”, valamint tartalmáról az előrejelző élelőszavas összefoglalóban tájékoztatja a felhasználókat.

A prognózisban a következők szerepelnek:

- általános időjárási helyzet
- várható magassági szél,
- várható turbulencia előfordulása és erőssége,
- várható jegesedés,
- várható mélykonvekció és zivatartevékenység,

valamint

- a várható pályairány(ok)
- LVP időszak(ok).

A magassági szél sebessége és iránya természetesen ebben az esetben is csomóban, illetve fokban van megadva, míg a turbulencia előfordulása és erőssége angol rövidítésekkel, kódszavakkal. A várható mélykonvekció, illetve zivatartevékenység esetében, amely kis-

és nagy magasságban is veszélyt jelent, általában a CB (Cumulonimbus, azaz zivatarfelhő) tetejét, láthatóságát, struktúráját illetve jellegét szokták kódolva jellemezni. Ezzel szemben a jegesedés inkább csak a FL 100 alatti, kisméretű repülés számára kiemelt információ.

Riasztások

Az első két esethez a szöveges előrejelzéseknek kapcsolódik még egy típusa, a riasztás. Akkor szükséges ilyet is küldeni a felhasználóknak, amennyiben a legfrissebb előrejelzésben nem szerepelt a bekövetkező veszélyes jelenség, vagy mégiscsak várható a látási viszonyok jelentős romlása (LVP időszak). A második típusnál a fejlécben külön is feltűntetik, hogy riasztásról van szó, veszélyes eseményre történő figyelmeztetés pedig akkor kerül bele, ha annak tárgya 30 csomó feletti széllevegő, zivatar, vagy ónos csapadék. A repülőtér területére és a környékére szóló típus formailag és tartalmilag is némileg eltér az előzőtől. Miután az előrejelző szövegesen megfogalmazta, hogy pontosan milyen jelenségre is szól a riasztás, megjelöli, hogy átmenetileg, vagy tartósan kell-e rá számítani. Továbbá meghatározható, hogy az esemény helyi, frontális, vagy zivatar jellegűnek várható-e, a szél eléri vagy meghaladja a 20, 30, vagy a 40 csomót, illetve, hogy amennyiben ködképződés miatt a látástávolság romlása várható, az 600, vagy 200 m alá esik-e.

2.3. Verifikációs módszerek

2.3.1. Folytonos verifikáció

A verifikációnak két megközelítése van: az első az ún. folytonos, vagy számszerű verifikáció. Ezt a folytonos eloszlású meteorológiai változók esetében szokás használni, mivel azok időben változó értékűek. Ide sorolható többek között a hőmérséklet (adott időpontra vonatkozóan: minimum-, maximum- illetve átlaghőmérséklet), a felhőborítottság (átlagolt érték, adott időpontban), a csapadékösszeg (adott időszakra összegezve), valamint a szélsebesség és a szélirány is (ugyancsak átlagolva, vagy adott időpontban megadva). Mivel azonban képesek igen különbözően viselkedni és egymástól igen eltérő eloszlásokat követni, érdemes első megközelítésben egy előrejelzés – megfigyelés diagramon ábrázolni az prognosztizált és az észlelők által megfigyelt értékek eloszlását, mert így jobban kitűnnek a differenciák és a szokatlan, kirívó értékek (Tajti, 2009). Ehhez hasonló módszer az, amikor időszakszerűen történik az ábrázolás, mellyel a kiugró értékek szintén

egyszerűen felfedhetők. Ám számszerű információt sem az előbbi, sem az utóbbi esetben nem kaphatunk az előrejelzés pontosságáról, csupán egy vizuális képet (Tajti, 2009).

A számszerű értékek kiszámításához más statisztikai módszerek, illetve mérőszámok szükségesek. Ilyenek például: az *átlagos* vagy *szisztematikus hiba* (*Mean Error*), az *átlagos abszolút hiba* (*Mean Absolute Error*), az *átlagos négyzetes hiba* (*Mean Squared Error*), illetve annak négyzetgyöke (*Root Mean Squared Error*). Ezek röviden a következőket takarják (Tajti, 2009):

A *Mean Error* a mért és az előrejelzett értékek közti különbség átlagát adja meg:

$$ME = \frac{1}{n} \sum (f_i - o_i) \quad (1)$$

Az (1) egyenletben az f_i jelöli az i -edik prognózist, míg az o_i az i -edik megfigyelést. Az *átlagos hiba* mínusz végtelen és plusz végtelen között változhat, a tökéletes előrejelzésnél nulla értéket vesz fel. Azonban nagy pozitív és nagy negatív hibák esetén szintén előfordulhat, hogy az ME erősen megközelíti a 0-át.

E hiba kivédésére célszerű használni az *Mean Absolute Error-t* (lásd (2) egyenlet), amelynek értéke csak 0-tól végtelenig változhat, de képes meghatározni a különbségek átlagos nagyságát:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum |f_i - o_i| \quad (2)$$

A következő, széles körben elterjedt statisztikák a *Mean Squared Error*, vagyis az *átlagos négyzetes hiba*, és annak négyzetgyöke az RMSE (*Root Mean Squared Error*). Az előzőhöz hasonlóan ezeknek az értéke is nulla és végtelen között változhat, tökéletes prognózis esetén pedig 0 lesz. Viszont az előzőekkel ellentétben, a négyzetre emelés miatt mindkét mérőszám rendkívül érzékenyvé válik a nagy hibákra (főleg a kirívó értékeknél), jobban, mint ahogy az a MAE esetében tapasztalható. Kiszámítása az alábbi, (3)-as egyenlet alapján történik:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum (f_i - o_i)^2 \quad (3)$$

2.3.2. Kategóriás verifikáció

A másik megközelítés a kategóriás verifikáció, amely tekinthető egyfajta pontozásos módszernek is. Ezt leginkább azoknál a meteorológiai paramétereknél érdemes használni, ahol a prognosztizálandó jelenségnek két fő állapota létezik: vagy *van*, vagy *nincs*. Ilyen

eseményekre példa a köd, párásság, zivatar, eső, valamint az erős szél (adott küszöbértékek túllépése), a havas eső, hó, és az ónos eső.

Az ezeknél alkalmazható kategóriás verifikáció egy úgynevezett kontingencia-táblán alapul (Mason, 2003). Ennek célja, hogy a tábla értékeiből bizonyos verifikációs indikátorokat származtasson, és ezek vizsgálatával, illetve megfelelő súlyozásával kiszámíthassa az előrejelzések „jóságát”, azaz, hogy milyen a prognózisok beválása egy viszonylag hosszabb időszakot nézve. A legegyszerűbb esetben tehát egy két-kategóriás kontingencia-táblát (**1. táblázat**) kell készíteni, amely a következő cellákból épül fel: *Igen*, *megfigyelték/előre jelezték* vagy *Nem*, *nem figyelték meg/jelezték előre*. Ekkor mind az előrejelzés jóságához, mind a hibás előrejelzéshez két úton lehet „eljutni” (Jolliffe és Stephenson, 2003). Előbbit a „Hit” (Igen/Igen), illetve a „Correct rejection” (Nem/Nem), utóbbit pedig a „False alarm” (Igen/Nem), és a „Missed event” (Nem/Igen) esetek jellemzik, melyekből aztán további verifikációs mérőszámok is származtathatók.

	Megfigyelték		
Előre jelezték	<i>Igen</i>	<i>Nem</i>	Kombinációjuk
<i>Igen</i>	A	B	A+B
<i>Nem</i>	C	D	C+D
Kombinációjuk	A+C	B+D	A+B+C+D

1. táblázat: A 2-kategóriás kontingencia tábla ábrája (Mason, 2003).

Ilyen például a Heidke Skill Score (HSS), amely nem csak arra képes, hogy kiszűrje a véletlen eseményeket (Nurmi, 2003), de a ritka jelenségek verifikációjára is kiválóan alkalmazható (Doswell, 1990).

$$HSS = \frac{2*(A*D - C*B)}{((A+C)*(C+D) + (A+B)*(B+D))} \quad (4)$$

Amennyiben a (4) egyenlet eredménye pozitív szám, úgy azon esetek számának aránya kisebb, amikor az esemény előre volt jelezve, de nem következett be, mint amikor előre volt jelezve, és valóban meg is figyelték a jelenséget. Ha a HSS értéke 0, véletlen prognózisról (az előrejelzéseknek nincsen valós információtartalma), ha pedig 1, akkor tökéletes előrejelzésről beszélhetünk. A pontozás nem kivételez egyik jelenséggel szemben sem, bármely esemény randomszerű prognózisára minden esetben az előbbi, tökéletes előrejelzésére pedig az utóbbi érték adódik. Ezzel a tulajdonsággal pedig Gandin és Murphy (1992) tanulmánya szerint ez a mérőszám azon kevesek közé tartozik, amelyek

igazságosnak mondhatók. Az ilyen mutató ugyanis nem bátorítja az előrejelzőt arra, hogy (a többi esemény rovására) hajlamos legyen bizonyos eseményeket illetően arra (amelyek előrejelzése általában magasabb pontszámot ad), hogy inkább ezek előrejelzése mellett döntsön (mert például kedvezőbb, ha ezt vagy azt a jelenséget nem jelzi előre, mint ha igen). Ha mégis így tenné, az hibás következtetésekhez vezetne a különböző előrejelzők relatív képességeit illetően.

A tanulmányból továbbá az is kiderült, hogy az ilyen igazságos mutatók, amelyek alapvetően pontozási mátrixokon alapulnak (négyzetes elrendezésben pontokat rendelnek hozzá az előrejelzett és a megfigyelt események kombinációihoz), hasznos eszközei lehetnek a ritka jelenségek verifikációjának. Amely tény azzal magyarázható, hogy az eljárás során vizsgált pontozási mátrixokban szereplő pontszámokról is az bizonyosodott be, hogy nagy érzékenységet mutatnak az események klimatológiai valószínűségei iránt.

További fontos mérőszámok még: a PC (hibátlan előrejelzések aránya), a BIAS (a szisztematikus alul- vagy túlbiztosítást jelzi), a FAR (téves riasztások aránya), a CSI (kritikus sikerességi index), a HIT rate vagy más néven POD (észlelt előrejelzések valószínűsége), valamint az SR (sikeres prognózisok aránya), amely annak a feltételes valószínűsége, hogy előre jelezték az eseményt.

Kiszámításukat a *HungaroControl* és (Jolliffe és Stephenson, 2003) alapján, az alábbi, **2. táblázatban** foglaltam össze:

Verifikációs mérőszámok	Kiszámításuk a kontingencia-tábla alapján
PC	$= \frac{(A + D)}{(A + B + C + D)}$
BIAS	$= \frac{(A + B)}{(A + C)}$
FAR	$= \frac{B}{(A + B)}$
CSI	$= \frac{A}{(A + B + C)}$
POD	$= \frac{A}{(A + C)}$
SR	$= \frac{A}{(A + B)}$

2. táblázat. Verifikációs mutatók és kiszámításuk (Jolliffe és Stephenson)

A véletlen, illetve ritka események megfelelő figyelembevétele kapcsán lehet alkalmazni az ún. True Skill Score-t (továbbiakban TSS) is, amely ugyancsak kontingencia-táblán alapul. Ezt a mérőszámot korábban már *Doswell* és *mtsai* (1990) is vizsgálták, cikkükben a HSS-sel hasonlították össze, amelyben a TSS kiszámítása az alább következő (5) egyenlet alapján történt:

$$TSS = \frac{(A \cdot D - C \cdot B)}{(A + C) \cdot (B + D)} \quad (5)$$

Rövid tanulmányukból azonban kiderült, hogy minden olyan esetben, amikor a prognózisban egy esemény nem bekövetkezésének pontos előrejelzései domináltak (mint pl. a heves helyi zivatarok esetében) a TSS értéke erősen közelített a POD értékéhez, mintegy kibújva az állásfoglalás alól. Különösen, ha ezek a kontingencia-tábla szerint D kategóriába tartozó esetek jelentősen felülmúlták a B kategóriába esők számát. Ezen kívül *Doswell* és *mtsai*. (1990) arra a megállapításra jutottak, hogy a HSS jóval eredményesebben használható ezekben a ritka eseményeket tartalmazó esetekben. Ezt azzal indokolták, hogy a Heidke Skill Score szabályozott módon képes figyelembe venni és számolni az ún. null-események pontos előrejelzését is. Így a vizsgálatok során mi is a HSS-t alkalmaztuk.

Az előbb felsorolt mutatók közül a megfelelők felhasználásával és helyes súlyozásával határozható meg az ún. hatékonysági mutató, vagyis minőségindikátor, amely az előrejelzések megbízhatóságát hivatott tanúsítani.

2.4. A repülőtéri előrejelzések felhasználói

A prognózist felhasználók esetében szintén alapvetően 3 csoportot különítettünk el. Az első nagy csoportot a Repülés Üzemvezetők, vagy röviden a DAM képezi, amelynek tagjai az első típusú prognózist és az LVP előrejelzést kapják. A DAM felelős az repülőtéri előterek felügyeletéért, és bármilyen, normálistól eltérő jelenség esetén neki kell megindítania a javító intézkedéseket a forgalmi ellenőrzésre, vagy a repülőgép-beállításra a Repülőtérforgalmi kézikönyv (ASM) szabályozásai szerint. Nekik kell intézkedniük akkor is, ha a földön következik be egy légiforgalmi esemény, esetleg baleset [2 – 4. fejezet: *Légijárművek közlekedése*]. Többek között az ő feladatuk tehát ellenőrizni az üzemi területeken folyó karbantartási munkálatokat, a futópálya állapotát, fékhatását és a fénytechnikákat, illetve ők rendelhetik el a pályazárások-nyitásokat is és rendelhetik be a hó-szolgálatot. A DAM-szolgálatos autó naponta legalább hatszor járja körbe a repülőteret,

hogyan elvégezze a szükséges rutinellenőrzéseket, tehát ők azok, akik valóban „a hátukon érzik az előrejelzett/nem jelzett esőt”.

A második csoportot a toronyirányítók alkotják, akik a repülőtér és a repülőtéri körzetben tartózkodó gépek fel- és leszállásának koordinálását biztosítják a földfelszíntől 600 méteres (2000 láb) magasságig [3 – *Szaktanbemutató információs mappa: Légiforgalmi irányító*]. Az ő feladatuk a le- és felszállási engedélyek megadása, valamint a repülőgépek mozgásának irányítása a futópályákon és a gurulóutakon. Szükség esetén pedig szintén a toronyirányító az, aki engedélyezheti a hóeltakarítógépek számára a futópályákra való fel, illetve lehajtást. A meteorológiai információk alapján ők határozzák meg az aktuális futópályairányt. Azok, akik ráadásul vezető beosztásban is dolgoznak további, adminisztrációs feladatokat is teljesíteniük kell. Ilyen például a munkaidő-beosztás, az adott szolgálatban szükséges munkaerő-létszám meghatározása, a repülésbiztonsági dokumentációs folyamatok levezetése, koordinációs feladatok elvégzése, stb. Munkájukhoz segítségül az LVP előrejelzést kapják.

Harmadik csoportnak, a szintén irányítói munkakörben dolgozó ún. munkatermi irányítókat választottuk, akik a közel- és távol körzetekben koordinálják az országba érkező, illetve az onnan távozó repülőgépek mozgását a Légiforgalmi Irányító Központban. Ez a csoport a valóságban további 3 egységre oszlik. Az irányítóegységek közül az ACC (Area Control Center), vagyis az útvonal-irányítók (más néven körzeti irányítóegység) képviselik az a legnagyobbat. Az ebben a munkakörben dolgozónak egy-egy szektor légiforgalmát irányítania, a 6000 méteres magasság feletti légtérben [3 – *Szaktanbemutató információs mappa: Légiforgalmi irányító*]. Minden megnyitott szektorhoz 2 irányító van kirendelve, egyikük a radarirányító, aki a légijármű személyzetével tartja a kapcsolatot. A másik személy az ún. tervezőirányító, aki a vele szomszédos szektorok irányítóival telefonon közreműködve szervezi a koordinációt.

Tőlük veszi át 6000 métertől (alatt) a repülőgépek rádióan keresztüli irányítását a bevezető szolgálat irányítói [3 – *Szaktanbemutató információs mappa: Légiforgalmi irányító*]. Feladatuk, hogy biztosítsák a repülőtér közelkörzetében az érkező és az induló forgalom biztonságát, valamint, hogy a végső megközelítési egyenesekre állítsák a leszállni szándékozó repülőgépeket. A harmadik egységet pedig a kisgépes repülőket felügyelő FIC-esek képviselik, akik meteorológiai és egyéb információkkal látják el a gépeket. A légiforgalmi irányítók csapatmunkában dolgoznak, amelynek során számos emberrel kerülnek kapcsolatba, illetve működnek közre, pl. szomszédos szektorokkal, pilótákkal, másik egység irányítóival, DAM szolgálattal. A várható időjárásról a

munkatermi tájékoztató előrejelzés alapján informálja őket a reggeli műszakkezdés előtt az előrejelző meteorológus.

Mindhárom felhasználói csoportban 5 váltás van (A, B, C, D, E), és minden váltást egy-egy SV, azaz szolgálatvezető koordinál, felügyel. A személyes interjúk során a szolgálatvezetők véleményét kérdeztem ki, mivel nekik kell megszervezniük az adott szolgálatba hívandó munkaerő-létszámot és felhasználandó erőforrást a kapott meteorológiai és egyéb információk alapján, amelyek meghatározzák és jelentősen befolyásolhatják a szolgálat munkáját.

3. Feladatok, számítások

A diplomamunkámban a verifikációt, mint a minőségirányítási és minőségbiztosítási rendszer összetevőjét vizsgáltam meg, kombinálva a MIR egy másik fontos részével, a vevői igények feltérképezésével, azaz a felhasználói elégedettség-felméréssel. Utóbbit személyes interjú keretében mértem fel, amely kettős funkcióval működött. A fő szempont az volt, hogy megtudjam mivel és mennyire elégedettek az egyes felhasználók, mennyire hatékony segítség a kapott információ a munkavégzés során. Másrésztől tevékenységgel lehetőséget adtam arra, hogy az egymással ritkán találkozó szinoptikus meteorológus (aki engem elkísért) és a csoportok szolgálatvezetői tisztázhassák az esetleges félreértéseket, az ismétlődően felbukkanó problémák forrását és megoldási lehetőségeit, a másik munkájáról való kölcsönös információcserével pedig tovább növelhessék a hatékony együtt működést.

Ezután következtek a verifikációs vizsgálatok. Első lépésben a DAM-nak szóló üzemeltetési előrejelzéshez kapcsolódó adatbázisban szereplő repülőtéri működést befolyásoló időjárási jelenségek előrejelzéseinek bevalását vettem szemügyre közelebbről, mivel annak verifikációs eljárása és hatékonysági mutatója is ki volt már dolgozva, illetve számolva. Ezután tértem rá a toronybeli és a munkatermi irányítóknak küldött prognózisok meglévő és lehetséges bevalás-ellenőrzési módszerének és hatékonysági mutatójának vizsgálatára.

3.1. A felmérés

Azért, hogy valóban reprezentatív legyen ennek a vevői elégedettség-felmérésnek az eredménye, úgy döntöttem, hogy minden csoportból legalább 4-5 SV-vel készítem el az interjút. Azért velük, mert elsőként ők kapják kézhez az elkészült prognózist, és a szolgálat beosztását is többek között ez alapján kell megszervezniük, továbbá ők rendelkeznek legnagyobb rálátással az irányító egységek operatív munkafolyamataira és azok meteorológiai kitettségére.

A felméréshez mindhárom csoportnak egy közel hasonló kérdéssort állítottam össze, kérdőívszerű formában, ahol pedig szükséges volt „személyre szabott” kérdést is feltettem, vagy specializáltam az adott felhasználóra. Ezen kívül mivel úgy véltem, hogy a kötetlenebb társalgás során sokkal több mindent mesélnek el az igényeikről, elégedettségükről, és panaszaikról, úgy döntöttem, hogy a kérdéseket előszóban és olyan sorrendben teszem fel, ahogy azt az adott beszélgetés iránya megkívánja.

Ezen interjúk során többek között azt akartam megtudni, hogy:

- Mennyire elégedettek az előrejelzések
 - pontosságával,
 - megbízhatóságával,
 - a riasztások időben való kiadásával,
 - az előrejelzések szövegének formátumával?
- Elégedettek-e a riasztások értesítésének módjával?
- Melyik veszélyes jelenség esetében kritikusabb, ha nem volt előre jelezve és mégis bekövetkezik, vagy megfordítva, melyiknél fontosabb, hogy úgymond túlbiztosított legyen az előrejelzésben?
- Fontos-e tudniuk az általános időjárási helyzetről, hasznos-e számukra ez az információ?
- Megbízhatónak tartják-e és mennyire a pályairány-előrejelzést?
- Milyen esetekben megbízhatatlanabb?
- Elsősorban milyen eszközökre és meteorológiai információra támaszkodnak a napi munka során?

Azzal mindhárom szolgálat (DAM, toronyirányítók, Munkatermi irányítók) egyetért, hogy a szöveges előrejelzés szinte teljesen megbízható, jelenlegi formátuma pedig teljesen megfelelő számukra, minden szükséges információt tartalmaz. Hasonló az elégedettségi szint a riasztások időben történő kiadásával is DAM, illetve toronyirányítói részről.

Egyedül a munkatermi csoport adott 3-asnál rosszabb átlagot az 1-től 5-ös skálán. Ugyancsak közel egyhangú volt a vélemény abban, hogy az általános időjárási helyzet nem elhanyagolandó része az előrejelzésnek, mivel olykor ebből is következtetéseket lehet levonni a várható körülményekre, intézkedésekre vonatkozóan. Viszont az is tény, hogy a csoportok mindegyike kifogásolta a radarképek operatív használhatóságát. Többen „csak tájékoztató jellegű”-ként írtak le, mivel egyes esetekben akár 25 perces késés is összegyűlt az aktuális időponthoz képest. Ezen a helyzeten sokat javítana például, ha a szolgálatok a 15 percenkénti helyett, 5 percenként frissülő radarképeket kaphatnának. A kérdőíves felmérést követő időszakban konkrét intézkedés is történt, így az új, 2015. január 1-jétől hatályos HungaroControl és OMSZ közötti együttműködési megállapodás értelmében már 5 percenkénti frissítési frekvenciával érkeznek a csapadékradar adatok.

Nagyon beszédesek az egyes szolgálatok előrejelzéssel kapcsolatos, megjegyzései, javaslatai is. A munkatermi irányítók például nem bányák, sőt jobban örülnek annak, ha az előrejelző úgymond túlbiztosít egy veszélyes időjárási jelenséget, mint amikor óvatosságból nem teszi ezt. Ezen kívül szívesen veszik, ha meteorológus szakember zivatarok idején a szomszédos országok időjárására is kitér néhány szóban.

Ami a toronybeli irányítókat illeti, közülük többen inkább az aktuális helyzet (illetve a radarkép) alapján dolgoznak, és az előrejelzést csak kevésbé, vagy közülük csak a szolgálatvezető SV veszi figyelembe. Azonban, ha megerősítésért, vagy sürgős előrejelzés okán hívták fel a szinoptikus meteorológust, annak tájékoztatását és a kapott információt megbízhatóként ismerték el. Továbbá javaslatként vetették fel az általános időjárási helyzet ismertetését az LVP előrejelzés végén, és a proaktív szélkövetést.

A DAM kiemelte, hogy számukra a szél erőssége és a csapadék fajtája a legfontosabb információ, aminél nagyfokú pontosságot várnak el az előrejelzőktől, különösen a téli időszak idején. Ezen kívül megjegyezték, hogy amennyiben valószínűnek tűnik az adott kedvezőtlen vagy veszélyes időjárási jelenség megvalósulása, az a prognózisban inkább biztosan bekövetkezőként legyen feltüntetve (a 30-40%-os beválási esély helyett), valamint csapadék esetén szívesebben vennék, ha a valószínűsíthető átlagos és maximális mennyiség közül az utóbbi, a vastagabb/több csapadék szerepelne az előrejelzésben.

A megbízhatóságot illetően nagyon fontos még a túl-, illetve alulbiztosítás kérdése. Előbbin értjük, ha az előre jelzett veszélyes jelenséget végül nem figyelték meg, utóbbin, ha megfigyelték valamelyiket, de nem jelezték előre. Ezzel kapcsolatban tettem föl azt a kérdést az egyes szolgálatoknak, hogy mely időjárási jelenségek esetében kritikus

számukra a túlbiztosítás. Válaszukban az egyes csoportok eltérő sorrendeket állítottak fel, ám az mindben közös volt, hogy a zivatar egyik sem sorolta előbbre a 3. helynél, amely meglepő volt még az előrejelző szakemberek számára is. Ugyanis, az eddigi előrejelzői gyakorlatban a zivatar pontosan előrejelzését kiemelt fontosságúnak tartották, a verifikáció pedig szigorúan „büntette” a téves riasztását. Úgy vélték, hogy ez a jelenség képviseli a legnagyobb veszélyt és akadályozó erőt a repülőtéri üzemtetés rendjére, valamint a repülés biztonságára. Azonban az interjúk során kiderült, hogy a legtöbb esetben mégsem okoz olyan nagy zavart a repülőtér működésében, általában nagyobb gond nélkül tudnak kezelni egy ilyen zivataros helyzetet, mert ezek jellemzően rövid ideig (30-60 perc) tartanak. Emiatt többnyire hátrébb sorolták a fontossági listán.

Ennél a jelenségnél sokkal inkább tolerálják (illetve szívesebben is veszik), ha az előrejelzővel ónos eső, köd, vagy havazás esetén történik az, hogy bár figyelmeztet a várható a veszélyes időjárási körülményről, de kiderül, hogy csak „farkast kiáltott”, vagyis túlbiztosította a helyzetet. Azért sorolták ezeket az első három hely egyikére, mivel ellenkező esetben, azaz, ha nincsenek prognosztizálva, de bekövetkeznek, súlyos fennakadást, zavart és kapkodást szül a repülőtér működésében. Ha például nem tudnak a közelgő nagy mennyiségű hóról, és hirtelen kell behívni a hó-szolgálatot, az súlyos költségeket jelent, főleg, ha egy ilyen helyzetben a teljes állományt kell berendelni, nem csak a meglévők létszámát bővíteni. Ráadásul a járatok rengeteget késhetnek, kitérő repülőtérre kényszerülnek, ahol gondoskodni kell az utasok visszaszállításáról (ismét csak növelve többletkiadást), arról nem is beszélve, ha le kell zárni valamelyik futópályát vagy az egész repülőteret.

Az ónos eső szintén nagy károkat és balesetveszélyt tud okozni, ha váratlanul érkezik. Amennyiben a repülőtér tud idejében felkészülni egy ilyen helyzetre, az a fel- és leszálló gépek késését okozhatja, ráadásul utóbbiakat akár kitérő repülőtérre is kell küldeni, hiszen a futópályára fagyott csapadék súlyosan csökkenti a fékhatást, és balesethez vezethet. Az olykor nagy számban és hirtelen berendelt jégtelenítő gépek, eszközök, és kezelő személyzet pedig itt is óriási költségekkel járnak. A köd ugyancsak megzavarhatja repülőtéri üzemelést. Jelentős késéseket okozhat, mind a felszálló, mind a leszálló forgalomban. Ugyanis, ha a látási viszonyok erősen leromlanak, ráadásul várhatóan hosszabb ideig is fennáll ez a helyzet, az érkező járatokat várakoztatni kell, végső esetben pedig kitérő repülőtérre küldeni. Így a gép kénytelen több kerozint felhasználni, ami növeli az üzemanyag-költségeket. Éppen e helyzetek miatt kiemelten fontos a szolgálatok számára, hogy pont ezek a jelenségek legyenek a legpontosabban

előre jelezve, illetve túlbiztosítva. Mivel ha nem is következnek be, jobb felkészülni és aztán megnyugodni, hogy mégsem lesznek a repülőtér működését zavaró időjárási körülmények, mintha váratlanul megvalósulna valamelyik a háromból és kapkodva kellene a helyzetet megoldani. Tehát az ónos eső, hó, és köd esetén a túlbiztosítás ténye alig, vagy egyáltalán nem csökkenti szemükben a célprognózisok megbízhatóságát, míg ezek gyakori alulbiztosítása kételkedésre adna okot a prognózisok hasznosságát illetően. Az interjún feltett kérdések és az azokra adott válaszok teljes terjedelmükben a **Függelékben** található **3., 4. és 5. táblázatban** olvashatók.

3.2. Verifikációs vizsgálat

Az egyes szolgálatoknak elküldött célprognózisok tartalmát eltérő módon verifikálják. Ennek oka, hogy más módszer szükséges az időben változó állapothatározóknál (például hőmérséklet), és más a repülőtéri üzemeltetés rendjét esetlegesen megzavaró időjárási események (pl. eső, hó, erős szél, zivatar stb.) esetében. Előbbinél számszerű, vagy más néven folytonos verifikációt kell alkalmazni, amit egy erre a célra megírt program hajt végre. Utóbbinál pedig a kontingencia-táblán alapuló, kategóriás technikát használják.

A DAM szolgálatnak küldött szöveges, ún. üzemeltetési előrejelzésben nem szerepelnek folytonosan változó állapothatározók, így csak kategóriás módszert kell végrehajtani ebben az esetben. Ennek végeredménye egy ún. KPI (Key Performance Indicator), azaz hatékonysági mutató, amit a verifikációs mérőszámok segítségével lehet kiszámítani. Az irányítótoronyba küldött szöveges előrejelzésnél már bonyolultabb a helyzet. Itt már hőmérsékleti értékek is szerepelnek a prognózisban, így nemcsak a kategóriás, de a folytonos verifikációs módszert is fel kell használni az ellenőrzések során. Azonban ehhez az összetett vizsgálathoz eddig még nem készült hatékonysági mutató. A munkatermi irányítóknál ennél is komplikáltabb a helyzet. Ugyanis a külön nekik készülő időjárási tájékoztató még csak alig egy éve lett bevezetve, amit mindennap egy szinoptikus szakember ismertet reggel a műszakkezdés előtt. Ám ennek a produktumnak sem a verifikációs eljárása nincs még kidolgozva, sem a hatékonysági mutatója kiszámolva.

Az említett módszerek közül, jelen dolgozatban a kontingencia-táblán alapuló adatokkal végeztem a vizsgálatokat, 2009 augusztusától egészen 2015 márciusáig. Kiindulásként az üzemeltetési előrejelzéshez kapcsolódó adatbázis alapján, amelyben a repülőtéri működést befolyásoló időjárási események bekövetkezésének előrejelzése és megfigyelése szerepelt táblázatos módon.

Ezek a jelenségek a következők voltak:

- párásság
- köd
- szél [10 m/s]
- szél [15 m/s]
- szél [20 m/s]
- eső
- zivatar
- havas eső
- hó
- ónos eső

Bizonyos éveket illetően azonban az adatsor nem volt folytonos. Az adatbázisban csak 2009 augusztusától szerepelnek az adatok, így a nyár nagyobbik része, a teljes tavasz, és az első két téli hónap nincs meg. Ezen kívül 2012-ből hiányoznak az április, május, november hónapok. Jelen dolgozatban eltekintettünk ezektől a hiányosságoktól, de más, későbbi tanulmányokhoz a teljesség kedvéért érdemes kiegészíteni az adatbázist.

Vizsgálataim során az egyes jelenségekre magam is kiszámoltam az ideit megelőző 6 éves időszakra vonatkozó verifikációs mérőszámokat, illetve alkalmaztam a korábban minőségi indikátorként használt hatékonysági mutatót megadó, ún. súlyozott pont képletét:

$$\text{Súlyozott pont} = \frac{(10*PC+2*SR+2*HSS)}{14} \quad (6)$$

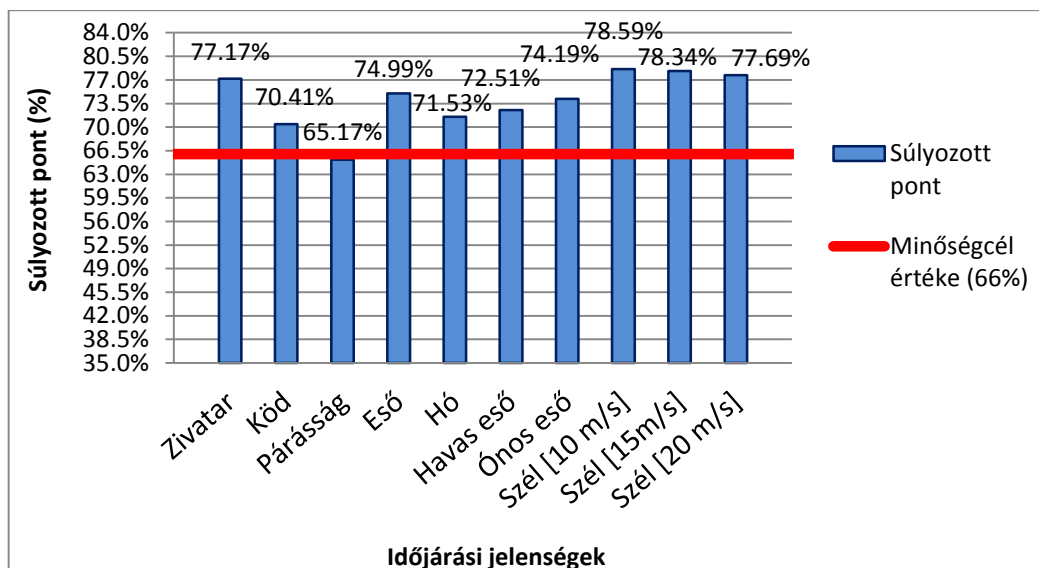
Ez a (6) egyenlet a legnagyobb (10-szeres) hangsúlyt a PC-re, vagyis a hibátlan, sikeres előrejelzések arányára helyezi, még hozzá a többihez képest 5-ször akkora mértékben. Azonban van egy nagy hátránya ennek a mutatónak. A kiszámítási képlet szerint (lásd: **2. táblázatban**) akkor is magas érték jön ki, ha sok esetben vált be egy ritka jelenség előrejelzése (kontingencia-tábla, „A” kategória), és akkor is, ha nagyszámban és helyesen annak be nem következése lett prognosztizálva (kontingencia-tábla, „D” kategória). Így azonban előfordulhat, hogy még akkor is jelentős emelő hatást fejt ki a PC a súlyozott pontra, ha egy ilyen eseménynél a többszöri téves és/vagy kihagyott riasztás mellett sikerült (döntően) a meg nem valósulást előre jelezni. Ami probléma, mivel ebben az esetben már nem lehet egyértelműen kijelenteni, hogy a meghatározott beválási mutató valóban olyan jó-e, mint amilyennek tűnik.

A HSS fokozottabb (2-szeres szorzó) hangsúlyát a súlyozott pont képletében éppen a véletlen, ritka jelenségek torzító hatásának tompítása indokolta. Ugyanis ahogy már említettem, az ilyen eseményeknél gyakran előfordul, hogy szinte csak a be nem következés kerül prognosztizálásra, ami azt érzést keltheti bennünk, hogy az előrejelzés jobban sikerült, mint valójában. A HSS viszont ezeket az eseteket 0 értékkel bünteti (hiszen az előrejelzésnek nincs valódi információ tartalma). Amennyiben pedig a mérőszám mégiscsak pozitív számnak adódik, úgy a mutató azt fejezi ki a képletben, hogy többször sikerült úgy előre jelezni egy adott jelenséget, hogy az később be is következett, mint amikor végül mégsem történt meg. Ezzel a téves riasztások hatását tudja tekintetbe venni. Emellett a súlyozott pont összetevői között szerepel az SR 2-szeres figyelembevétel is, amire azért van szükség, hogy kifejezze az adott jelenség sikeres előrejelzési arányát, valamint a túlbiztosításra való kisebb érzékenységet. Ezek alapján tehát a súlyozott pont képletének fő szempontjait a túlbiztosítás és a ritka események torzító hatásának kezelése, illetve a sikeres prognózisok aránya alkotja.

4. Eredmények

4.1. A korábbi verifikációs séma eredménye

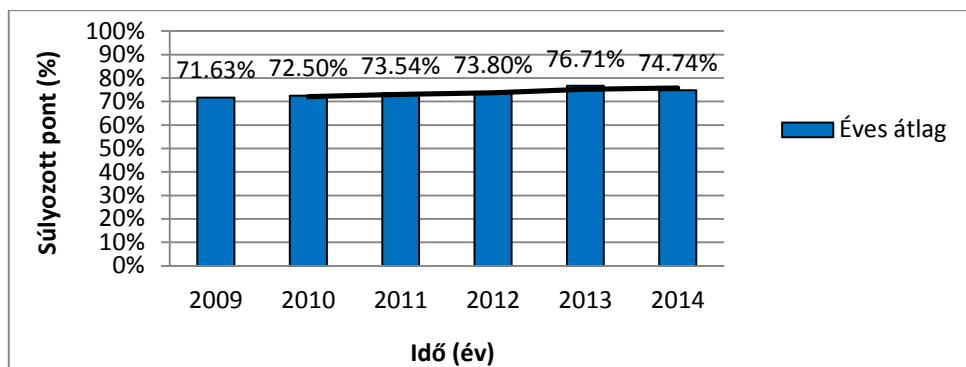
A kutatást azzal kezdtem, hogy a korábbi verifikációs eljárásban használt képleteket, mutatószámokat és módszert alkalmaztam az üzemeltetési előrejelzéshez kapcsolódó adatbázis adataira, amelyet a HungaroControl Zrt. munkatársai bocsátottak rendelkezésemre. Először a teljes, közel 6 éves időszakot vizsgáltam meg. A 2.3.2. fejezetben leírtak szerint kitöltöttem a jelenségekre vonatkozó 2x2-es kontingencia-táblákat, amelyek a **Függelékben** található **6. táblázatban** olvashatók. Ezekből az értékekből a képletek alapján kiszámoltam a verifikációs mérőszámokat, majd a megadott súlyozással a súlyozott pontot, amelynél százalékos mértékegységet használtam. Az elemzéshez piros vonallal a korábban minőségcélként meghatározott 66%-os értéket is ábrázoltam. Az alábbi eredményeket kaptam az egyes jelenségekre vonatkozóan:



2. ábra. Az időjárási jelenségek súlyozott pontjai a teljes időszakban (2009-2014)

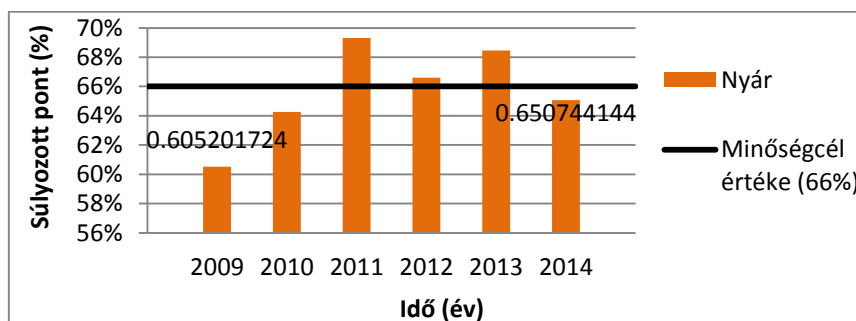
Az 2. ábrán jól látható, hogy a legtöbb esemény 70 és 79% közötti pontszámot kapott a bevalásra, egyedül a párásosság előrejelzése teljesített a vállalt minőségindikátori érték alatt (65,17%). Azonban nem szabad elfelejteni, hogy üzemeltetési szempontból ez irreleváns időjárási jelenség, vagyis egyik szolgálat tevékenységét sem befolyásolja jelentősen. Ezzel együtt az ilyen alacsony bevalási mutató figyelmeztető tény, hiszen minőségcél alatti volt, azaz a későbbiekben szükség van az előrejelzés javítására a páráságot illetően vagy kisebb jelentőséghez igazítani a súlyt, vagy akár magát a minőségcél. A legjobban prognosztizált elem a 10 m/s-ot meghaladó szélesebesség volt (továbbiakban szél10 rövidítéssel), 78,59%-kal. Ezen kívül a legmagasabb ponttal rendelkezők között szerepelt még a 15 m/s-ot (továbbiakban szél15), illetve a 20 m/s-ot (továbbiakban szél20) meghaladó szélesebesség (előbbi 78,34%, utóbbi 77,69%), és a zivatar is (77,17%). Utóbbi esetében ki kell emelni még, hogy amint már korábban is említettem, az eddigi előrejelzői gyakorlatban nagy hangsúlyt fektettek a zivatar pontos előrejelzésére. Ennek pedig meg is látszik az eredménye: a diagramon magasan a határérték felett teljesített a jelenség súlyozott pontja. A teljes hat éves időszak átlagos súlyozott pontjára 72.282% adódott.

Elvégeztem továbbá a prognosztizálandó elemek együttes átlagával számított összelőrejelzés bevalási mutatójának évenkénti átlagolását is, amelyet a 3. ábra mutat be:



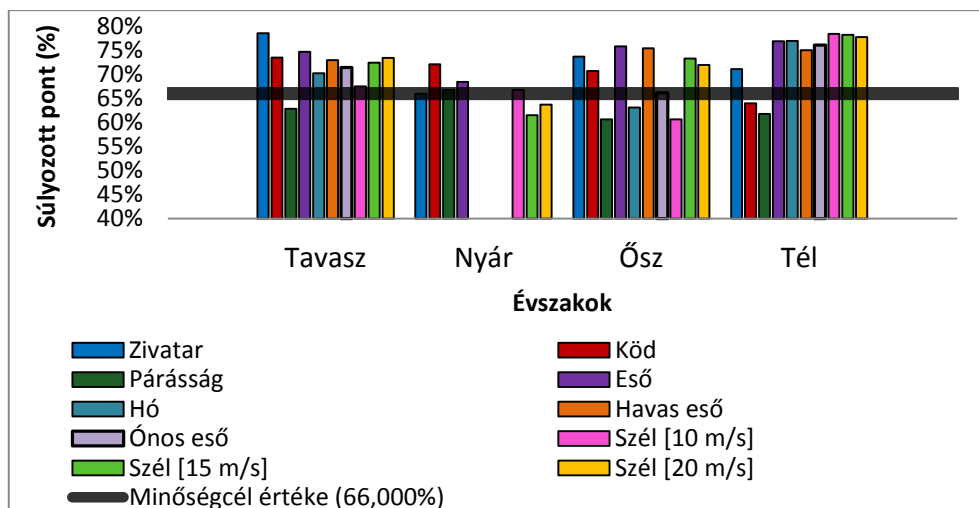
3. ábra. Az össz-előrejelzés súlyozott pontjainak évenkénti átlaga és változásának tendenciája

Ezen egy kifejezetten emelkedő tendencia volt megfigyelhető egészen 2009-től 2013-ig, vagyis a prognózisok beválása az évek során folyamatosan javult. Ebben az időszakban az értékek mind 71% felettiak voltak (az összes év átlagolásával 73,82% adódik), a legalacsonyabbat 2009-ben, a legmagasabbat 2013-ban lehetett megfigyelni. Láthatóan azonban az utolsó, 2014-ben a súlyozott pont kissé visszaesett az előző évhez képest, amely a következő dologgal magyarázható (4. ábra). A nyári évszak idején (akár csak 2009-ben) a pontos előrejelzés sokkal rosszabbul teljesített, mint a korábbi években, sőt (mindkét esetben) 66% alatt maradt a mutatószám (2009-ben 60,52%, 2014-ben 65,074% volt).



4. ábra. A nyári évszakra vonatkozó össz-előrejelzés súlyozott pontjának éves átlaga

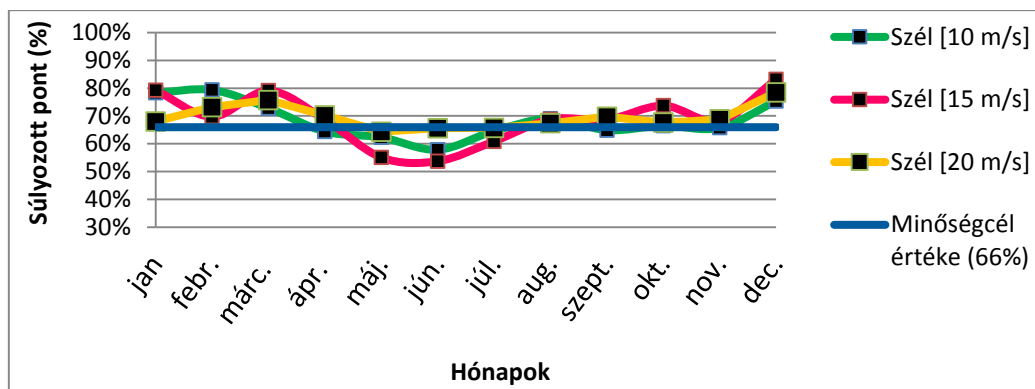
Az egyes jelenségek súlyozott pontjainak évszakos átlagolása még érdekesebb képet mutatott (5. ábra). Itt ugyanis már jobban fel lehetett fedezni, hogy melyek az előrejelzés esetleges gyenge pontjai, amelyek pontosságában további javulás lenne szükséges.



5. ábra. Az időjárási jelenségek beválási mutatójának évszakos átlaga

Ilyen elemnek bizonyult például a párásosság, amelynél mind ősszel (60,67%), mind télen (61,82%), de még tavasszal is (62,85%), valamint az összes évszakot figyelembe véve is, ebben az esetben voltak leolvashatók a legalacsonyabb beválási mutatók. A ködnél szintén az őszi és a téli lett a legkritikusabb (70,72% ősszel, 63,96% télen). A különböző havi átlagolások tekintetében pedig ugyancsak ennek a 2 jelenségnek (de főleg a párásáságnak) a pontatlan előrejelzése húzta le az őszi és/vagy a téli hónapok össz-előrejelzéseinek súlyozott pontjait.

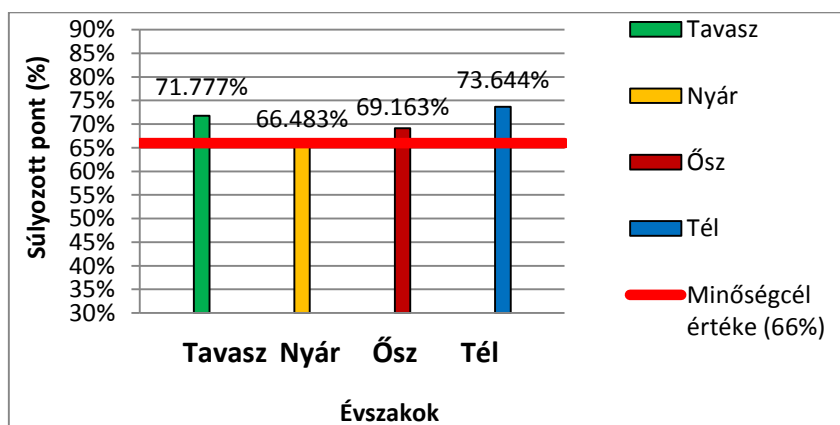
Különösen érdekes, hogy a teljes (6 éves) időszakbeli átlagokat tekintve a legjobban teljesítők között szereplő szélelőrejelzések (adott küszöbértéke(ke)t átlépő szélesebességek) a nyári hónapokat nézve viszont a leggyengébb beválásuk közé voltak sorolhatók (5. ábra). A nyári évszak során a szél15 és szél20 kategóriák súlyozott pontja a minőségcél alattinak adódott, az előbbinél 61,5%-nak, míg az utóbbi esetben 63,71%-nak. Ami pedig a tavaszi beválási értékeket illeti, ott is látszott, hogy a párásosság mellett a második legnagyobb lehúzó tényezőt a szél10 pontatlan előrejelzése jelentette (67,514%). A következő 6. ábrán megfigyelhető, hogy a szél-prognózis havi átlagait tekintve szintén az április - július időszakban teljesített leggyakrabban a 66%-os határ alatt (vagy éppen csak annak közelében) a szél10, és a szél15 előrejelzése, és csak szél20 kategória súlyozott pontjai koncentráálódtak ebben az időszakban a minőségcél szintje körül. Emellett megjegyzendő még, hogy a zivatar előrejelzésének beválási mutatója évszakos átlagban szintén nyáron szerepelt a leggyengébben teljesítők között (65,99%), ráadásul a szél15-höz és a szél20-hoz hasonlóan ennek az eseménynek a beválása is a minőségcél alatt teljesített.



6. ábra. A 10, 15, 20 m/s-ot meghaladó szélesebbességek beválási mutatójának havi átlaga

A szélelőrejelzés magas, teljes időszakbeli pontszáma mégis értemet nyerhet, ha jobban megvizsgáljuk a telet az 5. ábrán. Ebben az évszakban mindhárom kategória mutatója 78% körüli volt, továbbá a mérőszámok tavasszal és ősszel is főleg minőségcél feletti értéket értek el (kivéve a szél10 tavasszal), amelyek a 6 éves időszak átlagában kiegyensúlyozzák a nyárit. Az összes évszakot átlagolva az össz-prognózis beválása 72,936%-os volt.

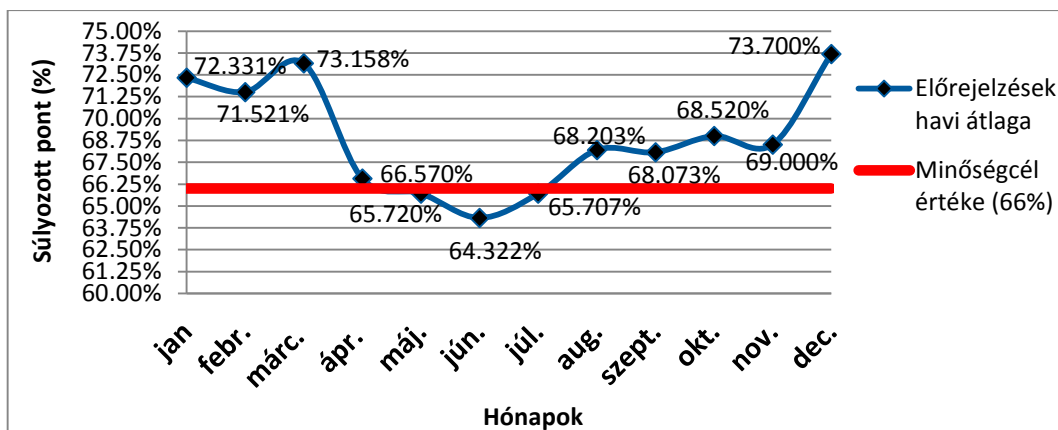
Ezek után kíváncsi voltam, hogy az egyes évszakok között vajon milyen sorrend állítható fel, melyik a legpontosabban, és melyik a leggyengébben előrejelzett. Ahogy az a 7. ábrán is megfigyelhető, télen mondhatók a legmegbízhatóbbnak az előrejelzések, ezt követi a 2. helyen a tavasz, 3. helyen az ősz, végül a sort negyedikként a nyár zárja. Az is megállapítható még, hogy ahogy az 5. ábra átlagainak esetében is, minden évszak össz-előrejelzésének beválási mutatója határérték felett alakult.



7. ábra. Az össz-előrejelzés beválási mutatójának évszakai átlaga

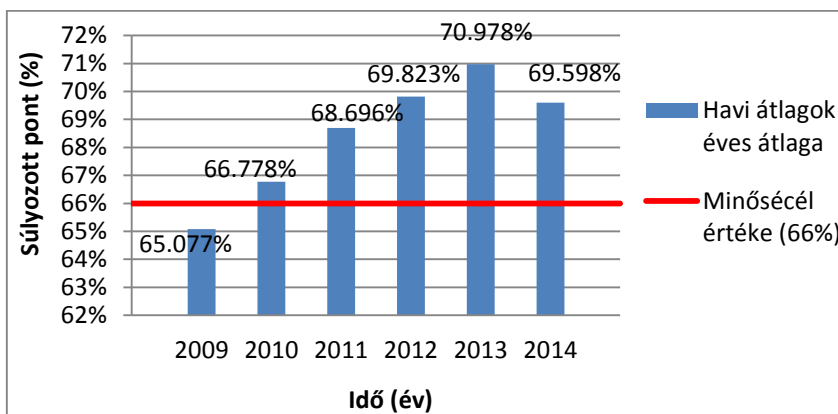
A statisztikai elemzések során elvégeztem az előrejelzendő elemek együttes előrejelzésére vonatkozó beválási mutatók havi átlagolását is. Ahogy az már néhány jelenség havi átlagainak ábráin is megfigyelhető volt korábban (6. ábra), úgy a 8. ábrán is láthatjuk, hogy a súlyozott pontokban a legnagyobb minimum időszak szintén késő

tavasza, nyárra tehető. A beválási mutató havi átlagainak legalacsonyabb értékei az április – július időszakban szerepeltek, csak áprilisban sikerült felülmúlni a határértéket (66,570%). Az, hogy a nyári évszakban mégis sikerült a minőségcél teljesíteni, valószínűleg annak volt köszönhető, hogy augusztusban viszonylag magasan alakult a súlyozott pont.



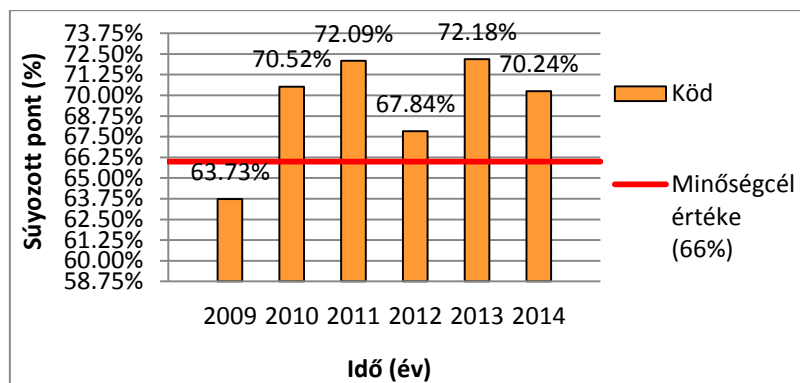
8. ábra. Az össz-előrejelzés beválási mutatójának havi átlagai

Ezzel szemben a maximum időszakot és a maximum pontszámot is (73,7%) a téli hónapokra lehetett tenni. Elemeztem a havi értékek évenkénti átlagát is, amelynek diagramján (9. ábra) szintén megfigyelhető volt a 2009 és 2013 közötti emelkedő, javuló tendencia, végén a néhány százalékos visszaeséssel a 2014-es évben.



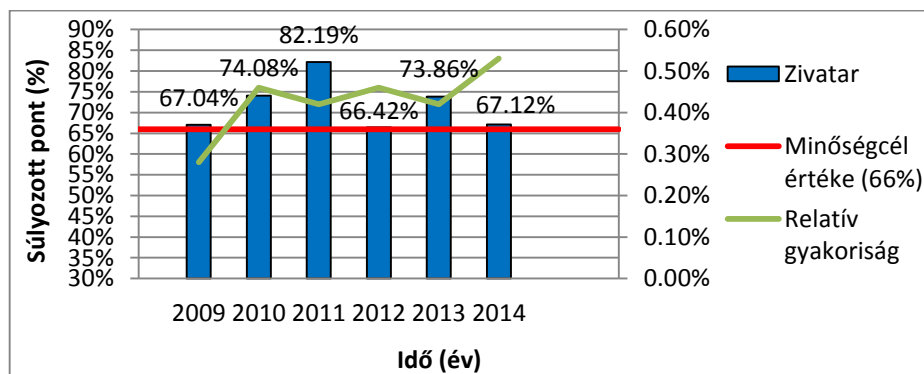
9. ábra. Az össz-előrejelzés havi átlagainak éves átlaga

A kirívóbb jelenségeknél azt is megvizsgáltam, hogy az adott esemény előrejelzésére vonatkozó beválási mutató hogyan „viselkedett”, illetve változott az egyes évek során. 2009 például nem csak az össz-prognózis éves átlagaiban, de a kód sikeres előrejelzésének esetében is mélypont volt (10. ábra). Ugyanis a jelenség mutatója ebben az évben 63,73%-nak adódott, amivel így nem érte el a kitűzött minőségcél és az össz-előrejelzés 2009-es átlagát is jelentősen lehúzta. A kód legjobb beválását 2013-ban érte el.



10. ábra. A köd beválási mutatójának éves átlaga

A következő, 11. ábrán azt láthatjuk, hogy a zivataroknak három évben is viszonylag gyengébb volt a beválása a többihez képest, minimumát pedig 2012-ben érte el, 66,42%-ot. Azonban ez csak néhány százalékkal múlta felül a 66%-os határt, és a másik két esetben is csupán 1-1 százalékkal haladták meg a minőségcél értékét.

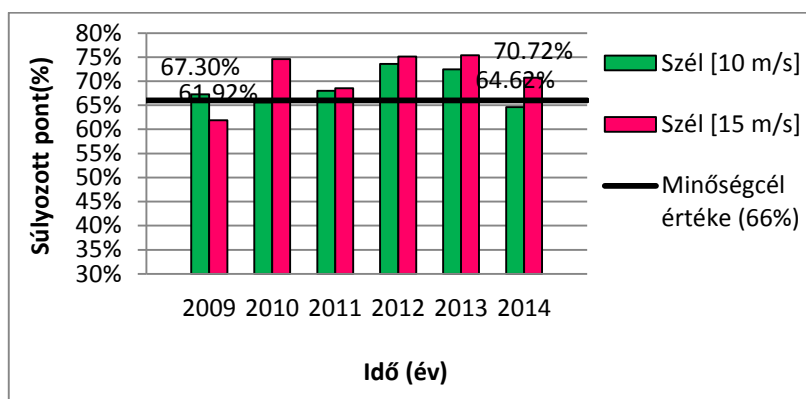


11. ábra. Zivatar beválási mutatójának éves átlaga és a zivatar relatív gyakorisága

Az alacsonyabb beválási mutatókat azonban nem okozhatta a zivatarok magas gyakorisága. A 11. ábrán jól látható, hogy bár 2009-ben és 2014-ben is csak 67% körül alakult a súlyozott pont, mégis utóbbi esetében volt a legnagyobb (0,53%), előbbinél pedig a legkisebb a jelenség relatív gyakorisága (0,28%). Megfigyelhető továbbá, hogy amellett, hogy a 2010 és 2013 közötti éveket szintén 0,42%-os, 0,46%-os értékek jellemezték, a legalacsonyabb és legmagasabb beválási mutató is előfordult az időszakban.

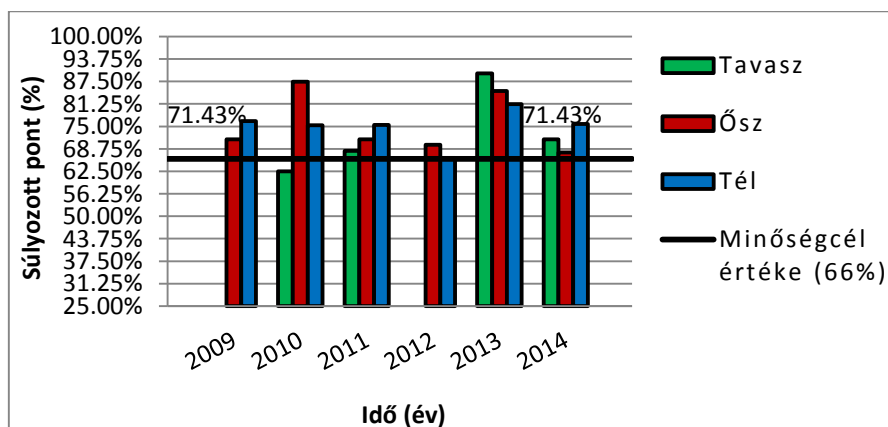
Szél tekintetében ismét csak a 2009 és 2014-es éveknél vehetők észre a legalacsonyabb beválási mutatók, ahogy azt az alábbi 12. ábrán is megfigyelhetjük. A súlyozott pont értékek 2009-et jelölték ki minimumnak a kettő közül, ahol a szél10 beválási mérőszámára 67,3%, míg a szél15 esetében 61,92% adódott. 2014 ettől nem sokkal különbözött, csupán néhány százalékkal alakultak magasabban a jelenség beválását jellemző mutatók. A legjobb súlyozott pontot illetően szintén két egymáshoz nagyon hasonló értékekkel rendelkező évről beszélhetünk: 2013-ban 72,48% és 75,41%, 2012-ben

pedig 73,61% és 75,14% volt a szél10 illetve a szél15 beválási mutatója. Másik érdekes tény, hogy a 6 évből 4-ben a 10 m/s-os kategóriának lett gyengébb a súlyozott pontja a kettő közül.



12. ábra. A 10 és 15 m/s-ot meghaladó szélsébség beválási mutatójának éves átlaga

A többi elem mellett a havas esőre is elvégeztem az éves átlagolást, amelynek diagramján (13. ábra) szintén megfigyelhető volt a 2013-as év kiemelkedő súlyozott pontszáma, köszönhetően annak, hogy mindhárom évszakban viszonylag magasan alakultak az értékek (tavasszal 89,73%, ősszel 84, 82%, télen 81,22%). Annál is inkább kiemelkedő az előbbi, hogy a legrosszabbul teljesítő év éppen az ezt megelőző volt (2012-ben az ősz 69,88%-ot, a tél pedig 66,22%-ot kapott). Érdekes továbbá az is, hogy 2009 őszén és 2014 tavaszán egyaránt 71,43%-nak adódott a súlyozott pont. Ezeken kívül az is jól látható a diagramon, hogy tavaszi hónapokban, illetve ősszel a beválási mutatók (2013 kivételével) rendszerint alacsonyabbak voltak (egyik, vagy mindkét évszak esetében), mint a téli hónapokban.

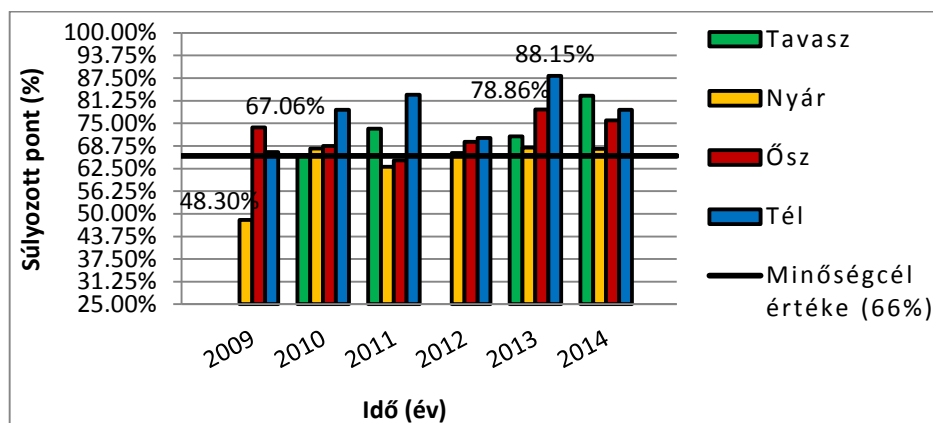


13. ábra. Havas eső beválási mutatójának évszakos átlagai évek szerint

Akárcsak a havas eső esetében, a szél20 előrejelzése is 2013-ban teljesített a legkiemelkedőbbben (14. ábra). Ennek oka, hogy a téli és az őszi súlyozott pontja is ekkor érte el (a teljes időszakot tekintve) a maximumát, valamint a tavaszi érték is 66% felett

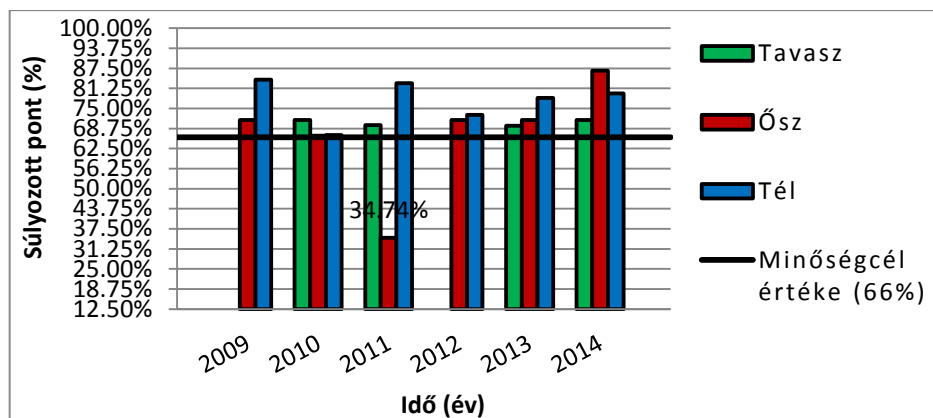
alakult. Ami a legkevésbé jól teljesítő évet illeti, 2009-ben a jelenség leggyengébb nyári (48,3%) és a legalacsonyabb téli beválási mutatója miatt (67,1%) adódott a pontszám éppen ebben az esetben a legalacsonyabbnak.

Továbbá érdekes, hogy míg a nyári évszakokban rendszerint a minőségcél 66%-a alatt, illetve alig felette alakultak a beválások értékei, addig télen (a 2009-es évet kivéve) szinte mindig magasan a határérték felettié lettek a mérőszámok.



14. ábra. A 20 m/s-ot meghaladó szélsőséges
beválási mutatójának évszaki átlagai évek szerint

Az éves átlag szerinti átlagolásában (15. ábra) 2014-ben volt kimutatható a legjobb teljesítmény (az éves átlag 79,29% volt), míg a legalacsonyabb beválási mutatóval 2011 rendelkezett. Utóbbinál, bár a tavaszi és téli értékek is 66% felettié, azonban az őszi előrejelzés súlyozott pontja jelentősen alulmúlta ezeket (34,74%), és így az éves átlag is csak 62,49%-ot ért el. Azt is fontos megállapítani, hogy szinte minden évben (2010-et kivéve) jobbák voltak a téli előrejelzések, mint a másik három évszakban. Nyáron nyilvánvalóan nem jelentkezik ez az esemény, és csak az év többi részében figyelhetők meg értékek, azonban azt, hogy 2009-ben és 2012-ben csak őszi és téli súlyozott pontok szerepeltek, azt a tavaszi adatok hiánya okozta. Figyelmen kívül hagyva a hiányzó részeket, meg kell még említeni, hogy 2009 és 2012 őszén, illetve 2010 és 2014 tavaszán, amikor tulajdonképpen a nem-bekövetkezést jelezték előre (helyesen), a súlyozott pont egyaránt 71,43%-nak adódott, amely miatt leginkább az esemény ritka volta okolható.



15. ábra. Ónos eső bevéási mutatójának évszakos átlagai évek szerint

Tehát röviden összefoglalva, a verifikációs eljárás során a következőkre derült fény: az előrejelzés bevéálásában az évek során javuló tendencia volt megfigyelhető, már a leggyengébb mutató is (2009-ben) 71% felett teljesített. A teljes időszakot tekintve a zivatar-prognózis súlyozott pontja 72% felettinek adódott, ami igazolta, hogy pontossága az eddigi gyakorlatban kiemelt szerepet töltött be. A leggyengébb előrejelzett jelenség a páráság volt, amely mind havi, (a nyarat kivéve) évszakonkénti, éves és az egész időszakot tekintve is a legalacsonyabb mutatókat produkálta, szerencsére azonban ez a tényező befolyásolja a legkevésbé az üzemeltetés rendjét. A legrosszabb év minden kétséget kizáróan 2009 volt. Ekkor érte el minimum pontszámát a kód (66% alattit!), és a szél-előrejelzés is (mindhárom küszöb), sőt az akkori nyarat is relatíve alacsony bevéások jellemezték. A legjobb év 2013 lett, a havas esőt, a szél20-at és a kódot is ekkor sikerült a legpontosabban előre jelezni, utóbbit egyébként leginkább nyáron, legkevésbé pedig ősszel és télen. A szél20-as küszöböt tekintve ez a dolog éppen ellentétesen alakult: télen lett a legjobb, nyáron pedig a leggyengébb a bevéálás.

Évszakos átlagokban a tél vezet a tavaszi mutatók előtt, míg a sort az ősznél is rosszabbul teljesítő nyár zárja, amely épphogy csak eléri a kitűzött minőségcél. Ezzel összhangban, a havi átlagokban is tavasz végén – nyár elején lehetett megfigyelni a bevéások ún. „minimum időszakát”, amit a szél és a zivatar pontatlan előrejelzése okozhatott. A legjobb súlyozott pontok a téli hónapokban adódtak. További érdekesség, hogy míg a havas eső leggyengébb bevéálása 2012-ben az ónos esőé 2011-ben volt, abban mindkettő hasonló volt, hogy mind 2009 és 2012 őszén, mind 2010 és 2014 tavaszán (a havas esőnél az első és az utolsó éves átlag esetében) 71,43%-os súlyozott pont jött ki a számítások során. Ez az érték annak volt köszönhető, hogy ezekben az időszakokban csak

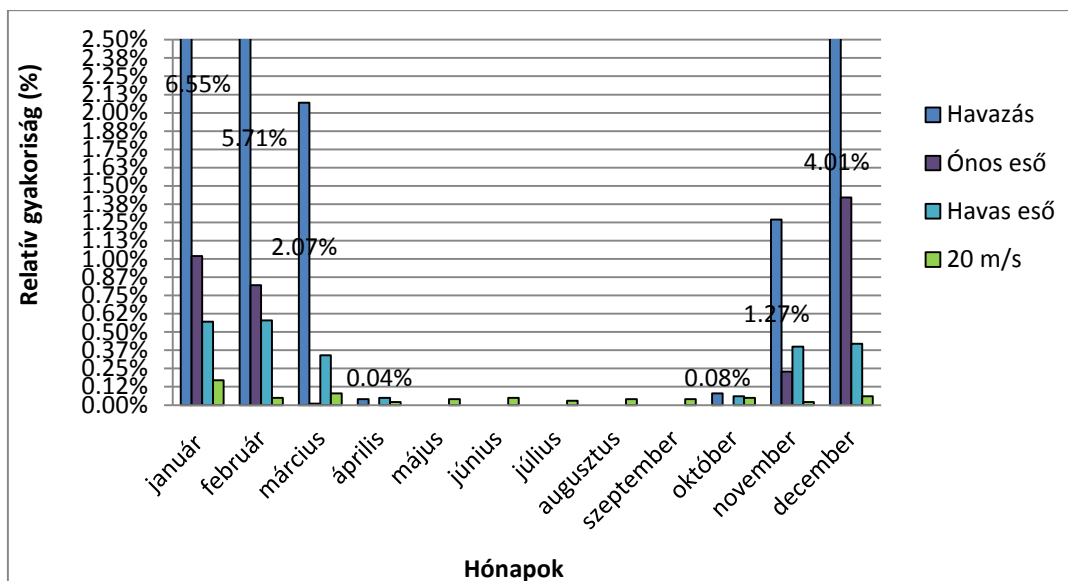
a nem-bekövetkezés helyes előrejelzésének esetei szerepeltek a kontingencia-táblában, ami a jelenségek ritka előfordulásával magyarázható.

4.2. Ritka események és felhasználói igények

Ahogy az előbbiekben már utaltam rá, bizonyos időjárási jelenségek az év során ritkábban fordulnak elő, mint a többi, így gyakran csak a be nem következésüket tudja előre jelezni a szinoptikus. Ez tulajdonképpen azért jelent problémát, mivel a verifikációs mérőszámok számításakor a kontingencia-táblában a 4 cellában csak az utolsóban (D, azaz nem jelezték előre és nem figyelték meg) lesz számérték, viszont a számoláskor leginkább az első három cella értékeit kell felhasználni, amelyek ebben a szituációban ugye nullák lesznek és ezzel sem a mérőszámok, sem maga a súlyozott pont sem lenne értelmezhető. Ha pedig ezeket a mutatókat lenullázzuk, úgy a már említett 71,43%-ot kapjuk. Ez viszont túlságosan feljavíthatja az átlagokat, így nagy a valószínűsége, hogy esetleg hamis képet festenek egy adott helyzetről. Azonban ezeket az eseményeket is figyelembe kell venni valahogyan a verifikációban.

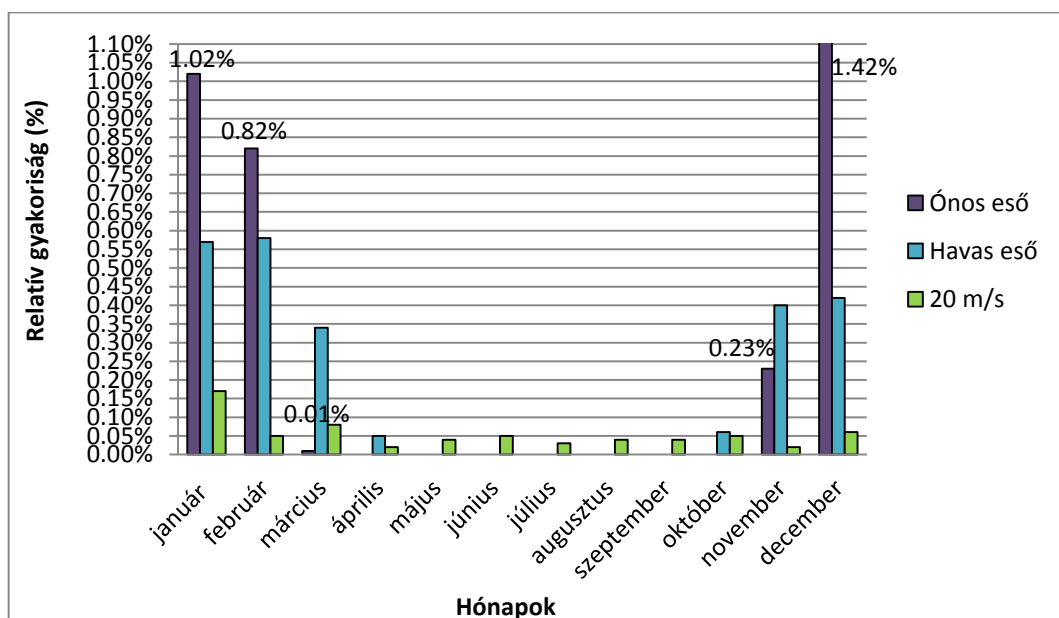
A vizsgálatok során ilyen ritka jelenségek kategóriába került a következő 4 elem: ónos eső, havas eső, szél20 illetve a havazás. Ezeknél ugyanis valóban teljesül (legalábbis az első három esetben), hogy a D kategória jelentősen (akár 2 nagyságrenddel is) dominálja a kontingencia-tábla többi celláját (lásd: **Függelék: 6. táblázat**). A havazás esetében jóllehet ez a hatás kevésbé olyan látványos, mint a többinél, mivel csak 1 nagyságrendbeli a különbség. A ritkaságuk azonban más módon is igazolható. A HungaroControl MySQL adatbázisának segítségével relatív gyakorisági adatokat kértünk le az ónos esőre, havas esőre, szél20-ra és havazásra. Az értékek az ónos csapadék a havas eső és a havazás esetében az elmúlt 12 évre (2000-2014), a szél20-nál az elmúlt 10 évre (2004-2014) vonatkoztak. Ezek alapján a következő megállapításokat tettem.

A 16. ábrán jól látható, hogy a havazás a másik háromnál sokkal gyakoribb jelenség. Ahhoz hogy a többi elem is viszonylag jól kivehető lehessen 2,5%-ban maximalizáltam a függőleges tengelyt, így viszont hó relatív gyakoriságának oszlopa januárban, februárban illetve decemberben túllóg a diagramon. Érthető, mivel ezek az értékek rendre a következők: 6,55%, 5,71%, valamint 4%. Ezért a későbbiekben külön ábrázoltam a havazást, és külön a havas-, illetve ónos esőt a szél20-szal.



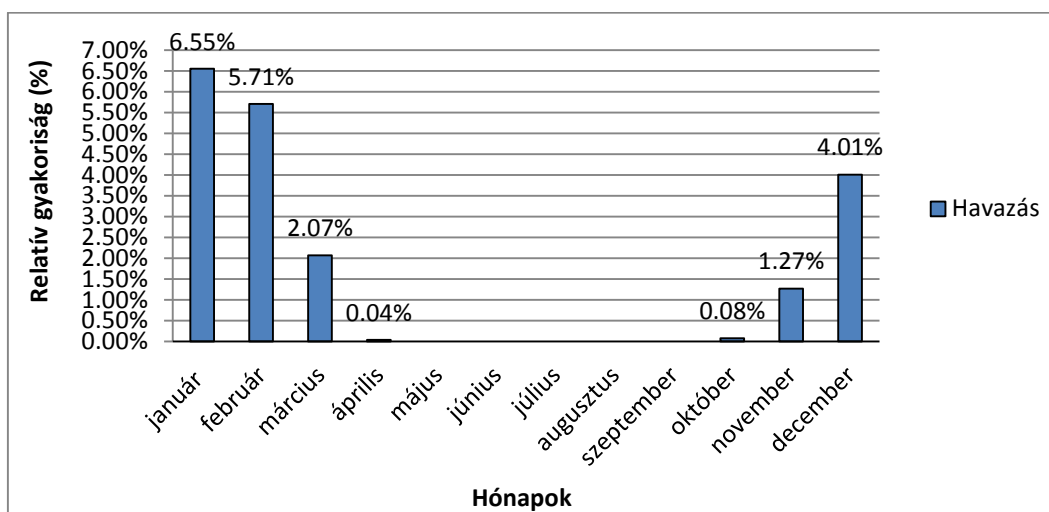
16. ábra. A havazás, ónos eső, havas eső relatív gyakorisága (2000-2014) és a 20 m/s-ot meghaladó szélsébség relatív gyakorisága (2004-2014)

A csak ónos esőt, havas esőt és szél20 relatív gyakoriságát szemléltető 17. ábráról megállapítható, hogy mindhárom jelenség a téli hónapokban a leggyakoribb. Az ónos eső téli átlaga 1,086%, a havas esőé 0,523%, míg a szél20 esetében 0,093% adódott. Nyáron érthetően nem találkozunk az első két eseménnyel, azaz ekkor átlaguk 0%, a többi évszakban pedig még a télinél is ritkábban fordulnak elő. A szél20 nyáron is csak nagyon esetlegesen következik be, de a legkisebb átlaga ősszel jellemző (0,036%).



17. ábra. Az ónos eső, havas eső (2000-2014) és a 20 m/s-ot meghaladó szélsébség relatív gyakorisága (2004-2014)

A havazás esetében szintén egyértelműen leolvasható (18. ábra), hogy a jelenség a leggyakrabban a téli hónapokban fordul elő, míg nyáron, illetve a többi évszakban sokkal ritkábban.



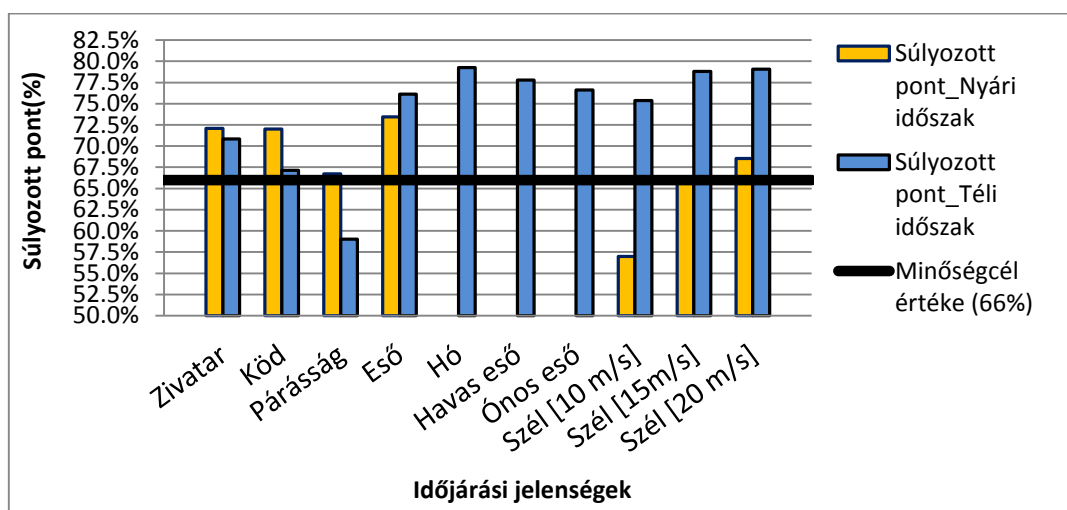
18. ábra. A havazás relatív gyakorisága (2000-2014)

Érdeemes még megemlíteni a 16. ábrával kapcsolatban, hogy az egyes jelenségeknek a teljes 12 évre (illetve a szél20 esetében 10 évre) vonatkozó relatív gyakoriságbeli átlagait tekintve az elemek közti sorrend a következő (kezdve a leggyakoribbal): havazás (1,64%), ónos eső (0,29%), havas eső (0,20%) és végül a szél20 (0,05%). Most, hogy már tudjuk, hogy mikor hajlamosabbak előfordulni az év során, és hogy ebből fakad az, hogy tavasszal, illetve ősszel gyakran találkozunk a becsapós 71,43%-kal, érdemes megfontolni, hogy figyelembe vegyük ezeket az új információkat a verifikációs eljárás során. Vagyis megállapítható, hogy új beválás ellenőrző módszer kidolgozása javasolt.

Korábban, a 2.3.2. fejezetben már említettem, hogy az ilyen ritka események figyelembe vételéhez érdemes használni a HSS illetve a TSS mutatót (*Doswell és mtsai*, 1990). Az első eddig is szerepelt a súlyozott pont kiszámítási képletében, ám ahogy azt a cikk is írja, bár a HSS jobban kezeli az ilyen szórványosan előforduló eseményeket, azok pontos leírásához nem elegendő csupán egyféle mutató alkalmazása. A TSS-sel viszont az a gond, hogy hajlamos POD-szerűvé válni, amennyiben a jelenség kontingencia-táblájában a nem-bekövetkezés pontos előrejelzése (D eset) túlzottan dominánssá válik a másik három kategóriával szemben. Ezért súlyozott pont képletében a HSS mellett (és a *True Skill Score* helyett) jelen dolgozatban a POD-ot is felhasználok a ritka események figyelembevételére. Így a mérőszámok újszerű kombinálásának segítségével már sokkal kevésbé fog eltérni a valóságtól a beválási mutató, sőt tovább javulhat. Kiszámításának részletesebb leírását a következő, 4.3. alfejezetben fogom ismertetni.

Az előbbi mellett azonban a másik potenciális módosító tényezőt, a felhasználói elégedettség felmérés eredményét, vagyis a felhasználói igényeket is figyelembe kellett vennem a verifikációs során, így ezzel kapcsolatban is végeztem vizsgálatokat.

A DAM szolgálat például megjegyezte, hogy amellett, hogy elégedettek a nyári üzemeltetési időszakbeli előrejelzések bevalásával, és a télivel is az esetek többségében, utóbbinál az előrejelzések lehetnének még pontosabbak. Ezért kiszámoltam a súlyozott pontot a téli és a nyári üzemeltetési időszakra vonatkozóan is. Az eredmények viszont azt mutatták, hogy nem csak a teljes átlagot (a télinél 74%, míg a nyárinál 67,98% lett), de az előrejelzendő elemek többségét tekintve is (vagyis a zivatart, ködöt és a párasságot kivéve) a téli időszakbeli prognózis adódott jobb bevalásúnak, illetve több magasabb érték szerepelt benne, mint a nyáriiban (19. ábra).



19. ábra. Időjárási jelenségek bevalási mutatójának nyári és téli időszakbeli átlaga

Ezen kívül kiemelték, hogy számukra nagyon fontos még a szél erősségének és a csapadék fajtájának minél pontosabb előrejelzése is. Csapadékok tekintetében mindkét időszakban magasan alakultak a súlyozott pontok: esőnél a nyári és a téli egyaránt 70% feletti, a hónál, havas esőnél, ónos esőnél 75% fölött. A szelet illetően már más volt a helyzet. Ugyanis a nyári időszakban a szél10 nem, a szél15 súlyozott pontja pedig éppen csak elérte a minőségcél (előbbi 56,98%-nak, utóbbi 66,08%-nak adódott). A három szél-kategória közül egyedül a szél20 teljesített jelentősen a küszöb fölött (68,45%). A DAM-on kívül a toronyirányítók is a szélesebbesség-előrejelzés pontosságának további növelését szorgalmazták. A fenti eredmények alapján pedig már egyértelmű, hogy a felhasználók szerint jelenségek szintjén leginkább a szélesebbesség, általánosságban pedig a nyári üzemeltetési időszak időjárás eseményeinek pontos előrejelzése szorul javításra.

Utánanéztam a DAM azon igényének is, miszerint ha az előrejelző hajlamos túlbiztosítani egy eseményt (vagyis többször előfordul, hogy inkább biztosra prognosztizálja a bekövetkezést, mint hogy a helyzet bizonytalanságára hivatkozva megkockáztassa, hogy mégsem szólt róla) akkor azok jelenségek az ónos eső, köd, illetve a havazás legyenek. Ezért kiszámoltam az egyes előrejelzendő paraméterekre vonatkozó BIAS mérőszámot, amely 1 alatti értékével jól jellemzi az alulbiztosítást, míg az 1 feletti értékek a túlbiztosítás mértékét. A három jelenség esetében ez meg is valósul. A hónál és a havas esőnél több mint másfélszeres (előbbinél 1,534 a BIAS, utóbbinál 1,769), az ónos esőnél majdnem közel két és félszeres a túlbiztosítás mértéke. Ami tehát megfelel a felhasználó által támasztott elvárásoknak. Ezen kívül a számítások során az is kiderült, hogy a zivatar túlbiztosítás szempontjából a 4. helyre sorolható (1,866-ös BIAS), ami különösen érdekes, mivel nagyjából egybeesik a felmérés során a szolgálatok által felállított túlbiztosítási fontossági sorrendekben elfoglalt helyével (egyik sem sorolta előrébb a harmadik helynél, csak a DAM-nál szerepelt harmadikként). Az eredményeknél kiemelendő még a köd (0,998-as BIAS), és a szél téli előrejelzése, amely viszonylag pontosnak volt mondható (a szél10-re 0,953-es érték, a szél15-re 1,136-es érték) Utóbbiak esetében csak a szél20-nál jelentkezik az erős túlbiztosítás miatt pontatlanság (2,171-es érték adódott).

Összefoglalva jelen alfejezet eredményeit elmondható, hogy a relatív gyakoriságok alapján a hó, havas eső, ónos eső és a szél20 kategória egyaránt a ritka jelenségek kategóriájába sorolandók, amelyek közül a hó a leggyakoribb (sőt a másik háromhoz képest jóval nagyobb mértékben), ezt követi az ónos eső, a havas eső, végül pedig a legritkább esemény, a 20 m/s-os szélküszöb előfordulása. Emellett az is egyértelműen megállapítható a diagramokból, hogy az ábrázoltak mindegyike télen fordul elő a leggyakrabban. Ritkaságukat az előbbiekkal igazolva már valóban indokoltan módosíthatom a súlyozott pont képletét, úgy hogy az a jelenségeknek ezt a tulajdonságát is kezelni tudja.

Ami az egyes felhasználók elvárásait és igényeit illeti, a téli és nyári üzemeltetési időszak ábrájából kiderült, hogy a téli átlagosan jobb beválású, mint a nyári, sőt az időjárási jelenségek többségénél is. Ami egyrészt azzal magyarázható, hogy télen többféle jelenségre kell előrejelzést készíteni, mint nyári időszakban, és az olyan események, mint az ónos eső, havas eső, hó, amelyek az utóbbinál nem, vagy csak ritkán fordulnak elő és viszonylag jó téli súlyozott pontokkal rendelkeznek, növelik az átlagos értéket. Utóbbiak magas beválását ezen kívül az is indokolja, hogy ezek a jelenségek jelentősen és akár

hosszabb ideig is negatív, befolyásoló hatással lehetnek az repülőtéri üzemeltetésre, többek között a futópálya-állapotra, ezért pontos prognosztizálásuk rendkívül fontos. A DAM a téli időszakban várna el (további) pontosságbeli javulást. Az egyes események közül leginkább javítandónak a nyári szélelőrejelzések bizonyultak: a szél10 és a szél15 súlyozott pontja is a minőségcél alatt teljesített. Ezen kívül a számítások alapján az is megállapítható volt, hogy az ónos eső, hó és a havas eső teljesítik a DAM által elvárt magas túlbiztosítási mértéket, a zivatar a szolgálatok ilyesfajta fontossági sorrendjének megfelelő mértékben van túlbiztosítva (4. helyen áll), míg a szél10 és szél15 pontos beválást mutat, a szél20 pedig ritkasága miatt magas BIAS mutatóval rendelkezik. Érdekes volt viszont a köd. Míg télen a 1,07-es BIAS értéke az előzőekhez hasonlóan pontos előrejelzésről tanúskodott, addig a nyári üzemeltetési időszakban ez az érték 0,383-nak adódott, azaz a jelenség rendkívül alulbiztosított. Emellett a nyári POD értékére is csak 28% jött ki, vagyis az esetek alig egyharmadában sikerült helyesen előre jelezni az eseményt.

4.3. Felhasználói igények alapján módosított verifikációs módszer eredménye

A korábbi módszer alkalmazása után nekiálltam elemezni a kapott értékeket, és megkeresni a javításra szoruló részeket. A régi számítási mód legnagyobb hátránya mindenképpen a klimatológiai értelemben nem túl gyakran előforduló jelenségek ritka voltának figyelmen kívül hagyása volt. Vizsgálódásaim során ugyanis többször találkoztam olyan helyzettel, amikor a hó, ónos eső, szél20, zivatar, köd, illetve a havas eső egy adott időszakban nem következett be és emiatt a kontingencia-táblában csak D kategóriájú esetek (a be nem következő jelenség helyes előrejelzése) szerepeltek, a másik három cellában pedig nulla. Annak érdekében, hogy értelmezhető eredményt kaphassak, az 1 értékű PC-n kívül az összes többi mutatót nullával helyettesítettem, így a jelenségre egy viszonylag magas súlyozott pont adódott. Az érték azonban nem feltétlenül takar jól prognosztizált eseményt, sőt félrevezető. Ugyanis a jelenség előrejelzésének valójában nincs információtartalma, tekintve, hogy az esemény nem történt meg. Ennek ellenére az eljárás mégis „megjutalmazza” a rossz prognózist, még hozzá a PC magas értékével. Ennek köszönhetően az olyan ritka jelenségek esetében, mint az ónos eső, havas eső, hó, illetve a szél20, a kiszámolt magas pontszámok gyakran csalókáknak bizonyulnak.

Hasonlóan a magas PC okozta problémát azokban az esetekben is, amikor a rengeteg D esemény mellett több „Missed event” és/vagy „False Alarm” (B és C kategória) is előfordult a kontingencia-táblában, míg pontos előrejelzés (A kategória) csak alig-alig.

Vagyis a számos alul- vagy túlbiztosítás ellenére, ismét a nagy (1 körüli) PC értékek miatt adódtak magasnak mondható pontszámok a viszonylag ritka események súlyozott pontjára. Az előzőhöz hasonlóan ezek a helyzetek is leggyakrabban a hó, ónos eső, havas eső, szél20, köd, illetve néhány alkalommal a zivatar esetében voltak jellemzők.

Hátrányként lehet még felróni, hogy a korábbi súlyozott pont kiszámítási képlete nem vette kellően figyelembe azt, hogy a bekövetkezett eseményt az előrejelzőnek milyen aránnyal sikerült előre jeleznie, azaz a POD mérőszámot nem használta a számítások során. Pedig ezzel, sokkal valósabb képet lehetne kapni az előrejelzői munka eredményességéről, és arról, hogy mennyire megbízható egy adott jelenség esetében a kiadott prognózis. Ráadásul *Doswell* és *mtsai* (1990) cikke alapján a ritka jelenségek megfelelő figyelembe vételére is alkalmas lehet.

A felhasználók körében végzett felmérés során viszont éppen a téli csapadékokat, valamint a ködöt, az erős szelet és a zivatart sorolták azon legkritikusabb jelenségek közé, amelyek üzemeltetés szempontjából a legnagyobb fennakadást okozhatják, ha nincsenek előre jelezve. A túlbiztosítás fontossági sorrendjében az ónos eső például első helyen szerepelt a toronyirányítás és másodikként a DAM szolgálat esetében, a havazás harmadikként a toronyirányítók, 2. helyen a DAM és a munkatermi irányítókat illetően, az erős szél pedig rendre a 3., 5. és 7. helyekre lett sorolva a toronybeli-, a munkatermi irányító egység és a DAM listájában. Vagyis az előbb említett gyanús hibás esetek miatt, illetve mivel a felhasználók elvárásai is éppen ezekben az esetekben a legmagasabbak, a korábbi eljárás módosítására van szükség, méghozzá úgy, hogy a verifikáció ezeket az eseményeket jobban figyelembe tudja venni a végső súlyozott pontban (a jelenségek együttes beválási mutatójában).

Az új módszer kidolgozásánál két fő szempontot tartottunk szem előtt. Az egyik az a három sorrend volt, amelyet a felhasználói csoportok állítottak fel, hogy melyik időjárási jelenség esetén a legfontosabb számukra, hogy az inkább túlbiztosított legyen, mint hogy készületlenül érje őket az esemény, mert nem is jelezték előre. A másik szempontot pedig a ritka események figyelembe vétele jelentette, amely miatt a súlyozott pont kiszámítási képletében már nem csak a PC-t, az SR-t és HSS-t használtuk fel, hanem a POD-ot is. Azzal, hogy az utóbbi mérőszámot is felhasználtuk, sikerült javulást elérnünk a korábbi módszer mindkét problémáját illetően. Azt, hogy ezeket milyen súlyozással lenne a legmegfelelőbb tekintetbe venni, a túlbiztosítási sorrendek segítettek eldönteni. Ott, ahol az esemény ritka tulajdonsága és a jelentősebb túlbiztosítás iránti igény találkozott a PC értékét a POD-nak sikerült ellensúlyoznia, ezáltal mérsékelnie a túlzottan nagy beválási

mutató. Ott pedig, ahol sokszor jelezték előre helyesen a jelenséget, megerősítette (növelte) a jó beválást. A felsorolt két szempont összekapcsolásával a következőkre jutottam.

A három felhasználói csoport jelentősen különbözik egymástól, amit a háromféle sorrend is bizonyít. A DAM-nál: ónos eső, hó, zivatar, köd és heves eső, erős szél; a toronyirányítóknál (TWR ATCO): ónos eső, köd, havazás és erős szél, zivatar; míg a munkatermi irányítóknál (ATCO): köd, hó, zivatar, heves eső, jegesedés, turbulencia, erős szél követi egymást fontosságban. Első helyen azzal az eseménnyel, amelyiknél a legnagyobb problémát okozná, ha alul lenne biztosítva (tehát jó és szükséges a túlbiztosítása). A különбözőség miatt döntöttem úgy, hogy az egyes szolgálatoknak az lenne a legmegfelelőbb, ha mindegyiknek külön, személyre-szabottan lenne kidolgozva a minőségindikátor súlyozása. Ami a pontszám összetevőit illeti, velük kapcsolatban azt állapítottuk meg, hogy a POD kiválóan jellemzi a felállított sorrendeket, míg az SR egy adott jelenség túlbiztosítására való kisebb érzékenységet. A szolgálatok fent említett túlbiztosítási sorrendjei alapján döntöttük el e két mérőszám súlyozását. Ezek alapján a **7., 8., 9. táblázatokban** rendszereztem és összefoglaltam a DAM, a TWR ATCO és az ATCO esetére vonatkozó súlyozott pontok képleteinek kiszámítását. Ezek a **Függelékben** tekinthetők meg. A képletek alapján először is kiszámoltam a teljes időszakra vonatkozó súlyozott pontokat mindegyik időjárási esemény esetében, ennek eredményét az alább látható **10. táblázatban** foglaltam össze.

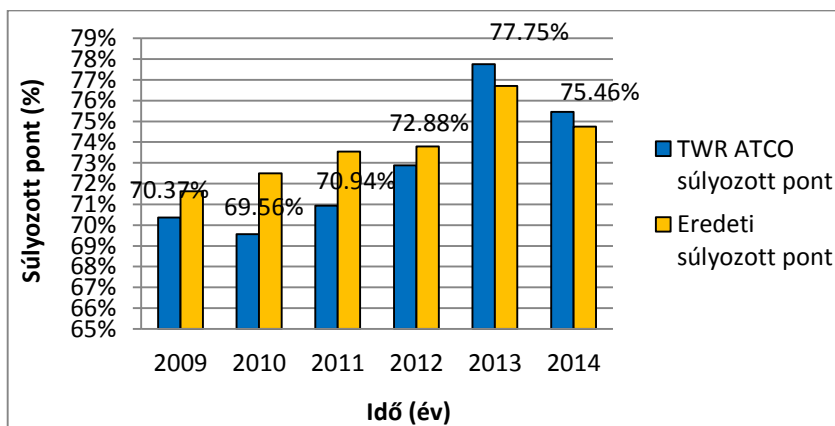
Időjárási jelenség	DAM Súlyozott pont	TWR ATCO Súlyozott pont	ATCO Súlyozott pont	Eredeti súlyozott pont
havazás	80,53%	81,36%	81,36%	78,72%
Ónos eső	69,00%	69,00%	77,36%	76,92%
Szél20	73,21%	65,68%	77,14%	74,55%
zivatar	78,76%	78,80%	78,80%	76,38%
köd	70,21%	67,32%	68,02%	71,80%
eső	77,34%	76,56%	76,56%	75,03%
havas eső	80,41%	80,41%	80,41%	78,91%
páráság	63,44%	63,44%	63,44%	65,22%
szél10	69,92%	69,92%	69,92%	70,61%
szél15	71,31%	71,31%	71,31%	71,98%

10. táblázat. A jelenségek új súlyozott pontja a DAM, TWR ATCO, ATCO esetében és az eredeti súlyozott pontok a teljes időszakra vonatkozóan

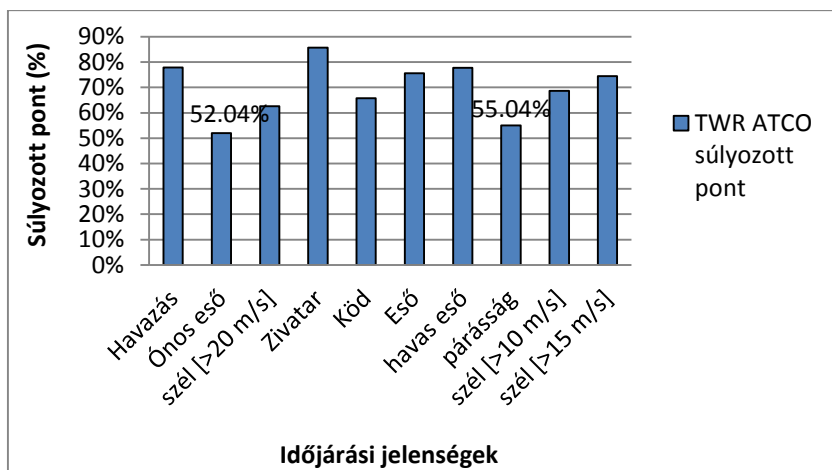
Emellett az előrejelzendő elemekre kapott százalékok átlagolásával meghatároztam a szolgálatok össz-előrejelzésének beválási mutatóit is. A legjobb beválás a munkatermi irányítóknak szóló előrejelzés esetében volt tapasztalható (74,43%), míg a leggyengébb súlyozott pontot a toronyirányítóknak küldött prognózis érte el (72,38%). A DAM beválási mutatója 73,41%-nek adódott. A következőkben pedig ismertetem a három szolgálat új képletekkel számolt beválási mutatóinak éves és évszakos átlagait, az évszakos értékek évenkénti változását, valamint elemzem a korábbi módszerrel kapott súlyozott pontokhoz képesti eltérésüket a vizsgált 6 éves időszakban.

4.3.1. A toronyirányítói előrejelzésre alkalmazott verifikáció eredményei

A TWR ATCO beválási mutatója 2013-ig az eredetihez közel hasonlóan alakult (20. ábra), emelkedő tendencia mutatkozott, és csak 2010-ben volt tapasztalható kisebb visszaesés (69,56%). Utóbbi az ónos eső (52,04%) és a páráság alacsonyabb súlyozott pontjával (55,04%) magyarázható (21. ábra). Továbbá az is megfigyelhető a 20. ábrán, hogy az új mutató értékei kezdetben a korábbiakhoz képest néhány százalékkal rosszabbul teljesítettek, ám 2013-ban már felülmúlták a régi mutató értékét, sőt a 2014-ben a visszaesés is mérsékeltebb volt, mint a másik esetében. A legpontatlanabb beválás tehát 2010-ben, a legjobb pedig 2013-ban volt, míg az évenkénti értékek átlaga 72,83%-nak adódott.

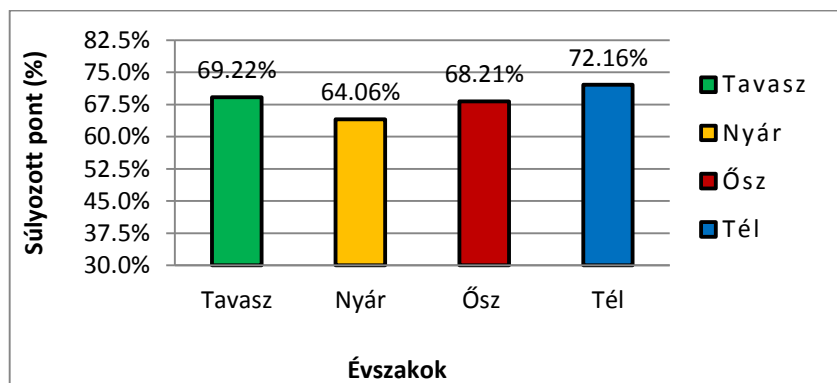


20. ábra. A TWR ATCO előrejelzésre vonatkozó és a korábbi beválási mutatók éves átlagainak összehasonlítása



21. ábra. A TWR ATCO időjárási jelenségek előrejelzésére vonatkozó beválási mutatóinak éves átlaga 2010-ben

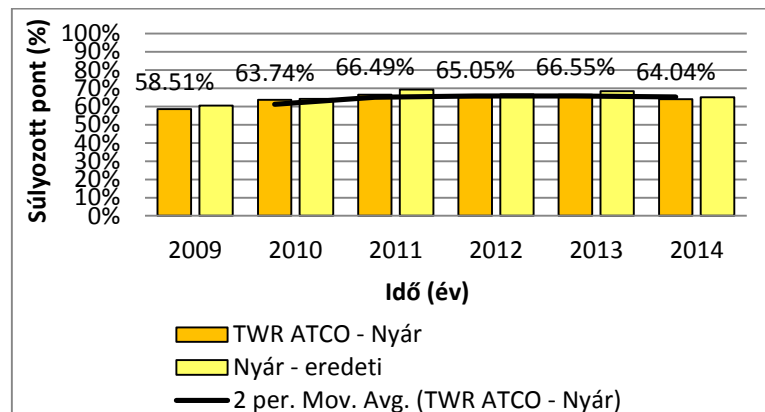
Az évszakos átlagokat tekintve, ahogy korábban is (lásd 8. ábra), a TWR ATCO esetében a tél felülmúlta a tavaszi mutatókat (22. ábra), az őszt és a nyár pedig továbbra is harmadikként és negyedikéként szerepelnek az összehasonlításban. Fontos különbség az a régi és a mostani értékek között, hogy az eltérő súlyozás használatával az újak súlyozott pontja akár 1-3%-kal is alacsonyabbnak adódott, mint a korábbi módszerrel kiszámoltakénál. Ennek oka feltételezhetően a téli csapadékok és a ritka események alkalmasabb figyelembevétele lehetett, vagyis sikerült mérsékelni a nem-bekövetkezés pontos előrejelzésével adódó, megtévesztően magas beválási mutatókat. Az őszt esetében lett a legkisebb az eltérés, ott a 69,163% helyett csak 68,21%-ról beszélhetünk, míg a télnél 73,644% helyett 72,16% -ról, a tavasznál pedig 71,777% helyett 69,22%-ról. A legnagyobb különbség a nyarat illetően alakult ki, itt a 64,06%-os mutató majdnem 2,5%-kal kisebb, mint korábban (66,483%).



22. ábra. A TWR ATCO előrejelzésére vonatkozó beválási mutató évszakos átlaga

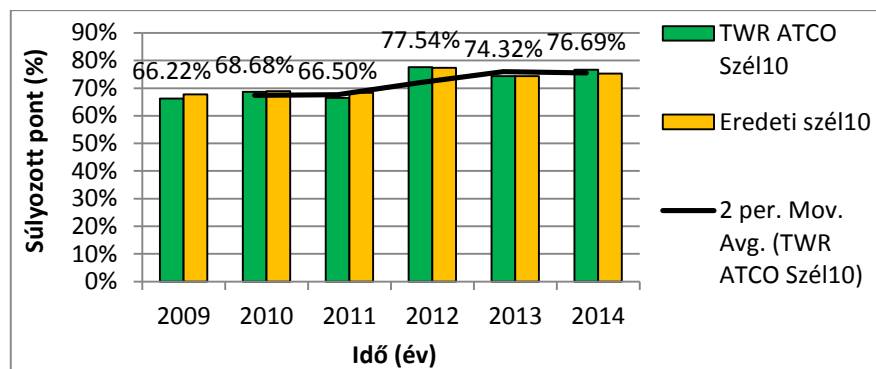
Az egyes évszakokat külön is elemeztem, hogy lássam történt-e változás a beválási mutatójokban az évek során, javuló, romló vagy éppen hullámszó tendencia volt jellemző-e rájuk. A TWR ATCO nyári előrejelzésének beválása érdekes képet mutat (23. ábra). Az új

súlyozással, egy kivételével szinte az összes évben alacsonyabb pontszámok jöttek ki, és csak a 2010-es 67,34% volt az, amely felülmúlta a korábbi sémával kapott értéket. Ez utóbbi képviseli egyébként a legjobb beválású évet, amely a nyáriak közül a 2009-es legrosszabbat (58,84%) követte. Tehát azokban az években, amikor alacsonyabbnak adódott, vagy csökkent a súlyozott pont értéke a korábbi évekhez képest, az új séma alkalmazása a ritka és a túlzottan alulbiztosított események pontszámait mérsékelte, míg a gyakoribb, jobb (magasabb) mérőszámmal jellemezhető években növelte.



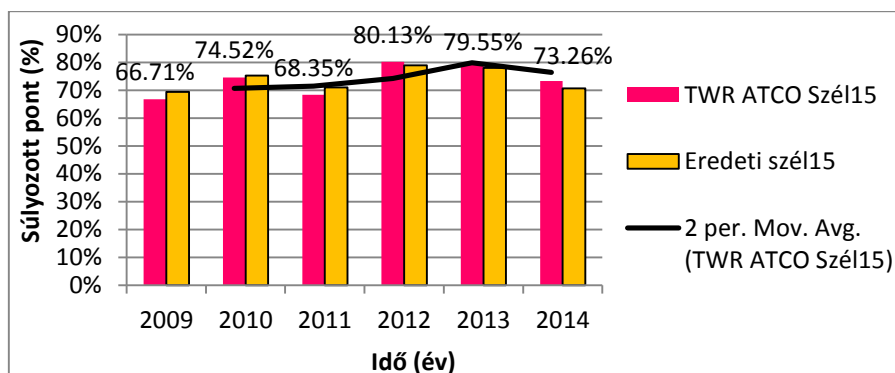
23. ábra. A TWR ATCO nyári előrejelzésére vonatkozó beválási mutató éves átlagai és változásának tendenciája

Ahogy azt már korábban említettem, a TWR ATCO számára kiemelten fontos a szélsőbesség pontos előrejelzése, ezért ezekre a jelenségekre is készítettem diagramot. A szél10 és szél15 esetében (24. és 25. ábra) egymáshoz és a korábbihoz nagyon hasonló, „hullámzó” tendencia mutatkozott. A szél10 esetében (24. ábra) jól látszik, hogy a 2009-2011 közötti időszak 66-68%-os értékeit követően, 2012-től látványosan jobbak lettek a súlyozott pontok. Míg a 2011-es évben a mutató még csak 66,5%-ot ért el, 2012-ben már 77,54%-ról lehetett beszélni, és a következő két évben is bőven 70% felett alakultak a pontszámok. Ezt az ugrást viszont nagyságánál és tartós voltánál fogva nem okozhatta az időjárás változékonysága, sokkal inkább egy újonnan bevezetett munkatechnológiai változtatás, vagyis az előrejelzői munka. A kezdeti év volt legrosszabb beválású (66,22%-os lett a súlyozott pont), míg 2012 a legjobb.



24. ábra. A TWR ATCO szél10 előrejelzésére vonatkozó beválási mutató éves átlagai és változásának tendenciája

A szél15 (25. ábra) abban különbözik a szél10 esetétől, hogy itt a korábbi évek (2009-2012) hullámszó tendenciáját 2012 után egy egyértelmű csökkenés követte. A leggyengébb év, 66,71%-kal ebben az esetben is a 2009-es volt, a legjobb pedig a 2013-as. Összehasonlítva a szél10 és a szél15 eredményeit a korábbi módszerrel számítottakkal, ismét az első három (gyengébb) évben alakult alacsonyabban a mérőszámok értéke, és az időszak második felében múlták felül az új sémával kapott mutatószámok a régieket.

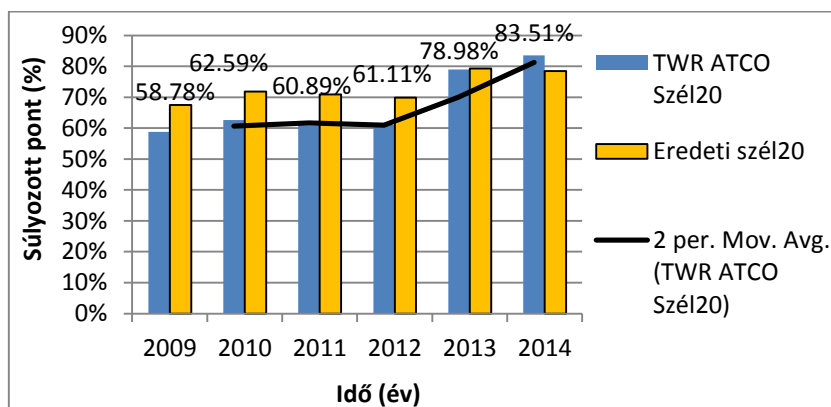


25. ábra. A TWR ATCO szél15 előrejelzésére vonatkozó beválási mutató éves átlagai és változásának tendenciája

Ezekből némileg eltérő eredmény jött ki a 20 m/s-ot meghaladó szélsősebesség előrejelzésének beválására (26. ábra). Az előzőekhez hasonlóan ebben az esetben is tapasztalható volt a 2011-ben történt visszaesés, azonban ezután határozottan emelkedő tendenciát mutattak az értékek. Ezen kívül nagyon érdekes, hogy a beválási teljesítmény 2009 és 2012 között végig 60%-os érték körül mozgott (1-2%-os ingadozással), majd 2013-ban látványosan növekedést produkált. Megfigyelhető az is, hogy míg a súlyozott pont 2012-ben 61,11% volt, addig 2013-ban már 78,98%, 2014-ben pedig 83,51%.

A leggyengébb beválású évnek ismét csak 2009 bizonyult, ekkor 58,78%-os lett a mutató értéke. Az új módszer mérőszámai a szél10-nél és szél 15-nél az időszak első három évében, szél20-nál az első öt évben, a korábbi sémánál kisebbnek adódtak, ám az

előbbieket esetében 2012-ben az új már utolérte a régét, sőt 2013-ban és 2014-ben (mindhárom kategóriában) felül is múlta azt. Ezekből a diagramokból pedig, amelyek eredményei a felhasználói elvárások alapján módosított séma számításaiból erednek, arra tudtam következtetni, hogy bár javulnak a szélelőrejelzések, és a ritkább jelenségek sem torzítják már el annyira a mutatókat, még mindig van mit javítani a szél-prognózison, elsősorban a szél10 és a szél15-öt illetően.



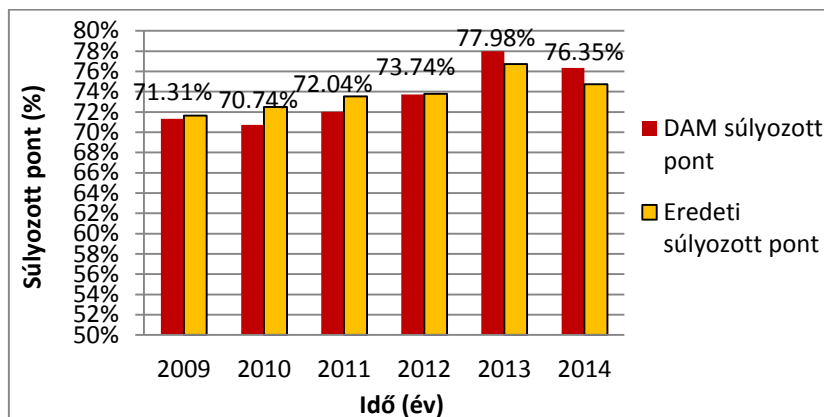
26. ábra. A TWR ATCO szél20 előrejelzésére vonatkozó beválási mutató éves átlagai és változásának tendenciája

4.3.2. A DAM előrejelzésre alkalmazott verifikáció eredményei

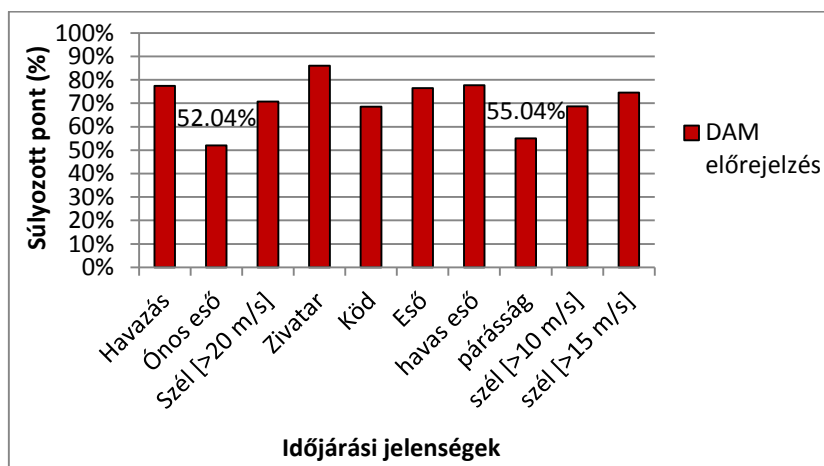
A DAM szolgálat számára szóló előrejelzés beválási mutatóinak éves átlagait megvizsgálva egyértelmű javulás volt kimutatható (27. ábra). Míg 2009-ben 71,3%, majd 2010-ben 70,94% volt a súlyozott pont, addig 2013-ban már 77,98%, miközben a mutatók egyre magasabb pontszámot értek el a két utóbbi év közötti időszakban. A leggyengébb és a legjobb beválású évek szintén ebben az időintervallumban voltak felfedezhetők: 2010-ben lett a legrosszabb, 2013-ban pedig a legjobb az előrejelzés. Előbbi gyenge súlyozott pontját magyarázza a 28. ábra. Ezen jól látható, hogy az ónos esőn (52,04%) és a párászágon (55,04%) kívül a többi jelenség előrejelzésénél a beválás közel 70%-os, vagy a feletti volt, ezzel szemben az említett események beválási mutatója alig emelkedett 50% fölé.

A 27. ábrához visszatérve megállapíthatjuk, hogy az új alapokra helyezett verifikációs módszerrel számolt mutatók ismét az időszak első néhány évében (2009-2012) értek el a régebbieknél alacsonyabb pontszámot, és aztán az utolsó években haladták meg őket. Ezen kívül az is leszögezhető, hogy a mutató évenkénti értékei, valamint a két verzió közötti különbséget nagy valószínűséggel az előrejelzői teljesítmény és a munkatechnológiai változtatások okozhatták. Azért inkább az előbbi tényezők, mert az

esetek többségében az eltérés alig néhány százalékos, vagy század-százalékos volt, vagyis nem az időjárás változékonysága volt hatással a mutatók értékeire.

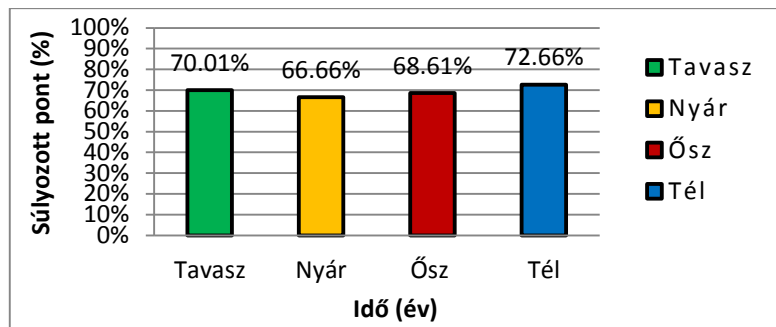


27. ábra. DAM előrejelzésre vonatkozó és a korábbi beválási mutatók éves átlagainak összehasonlítása



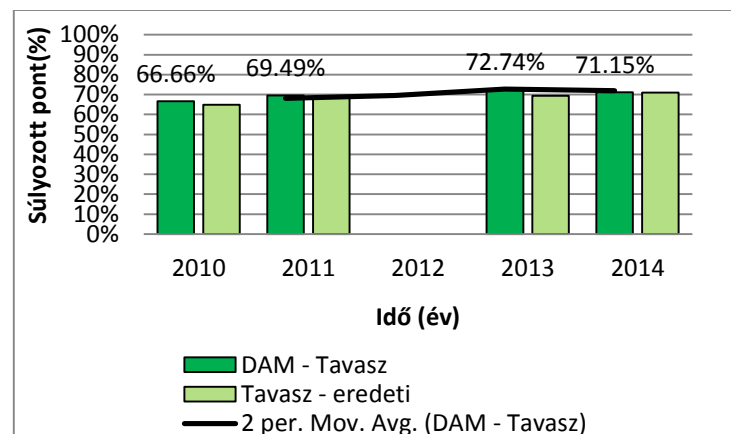
28. ábra. A DAM időjárási jelenségek előrejelzésére vonatkozó beválási mutatók éves átlaga 2010-ben

Az évszakos átlagokat tekintve ismét csak a téli prognózisok adódtak a legpontosabbnak (72,66%), ezt követik szorosan a tavaszi eredmények, ahol a súlyozott pont 70,01% lett (29. ábra). Az őszi mutató ennél a szolgáltatnál is harmadik (68,61%), a nyári pedig a negyedik helyen (66,6%) szerepelt. Összehasonlítva az eredményeket a korábbi módszer évszakos átlagaival azt is megállapíthatjuk, hogy a mutató két verziója csupán 1-2 százalékkal tér el egymástól, illetve, hogy az új séma alkalmazásával itt is mérsékeltebb lettek a beválási mutatók értékei az előzőekhez képest.



29. ábra. A DAM előrejelzésére vonatkozó beválási mutató évszakos átlaga

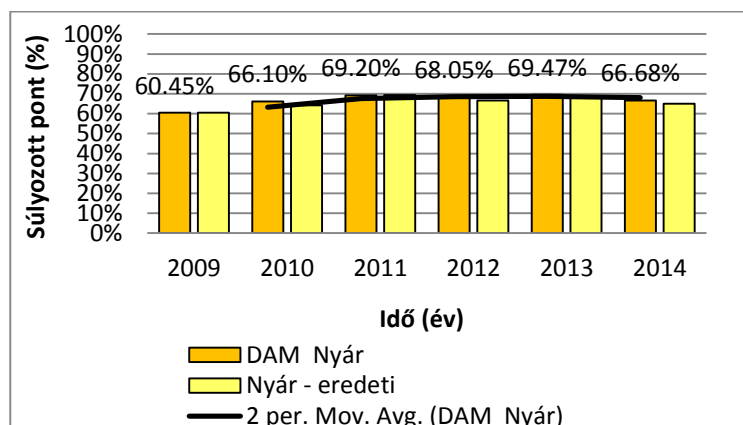
Megvizsgálva az egyes évszakokat, kezdve a tavasszal az állapítható meg, hogy a DAM-os előrejelzések beválása folyamatosan javul (30. ábra). Míg 2010-ben 66,66% volt a súlyozott pont (ez lett a leggyengébb év), addig 2013-ban 72,74%, amely így a legmagasabb értéket érte el a hat éves időszakban. Meg kell jegyezni még, hogy az új mutatók nem csak jól követték a korábbi trendet, de az évenkénti súlyozott pontok végig 1-2 százalékkal magasabbak voltak.



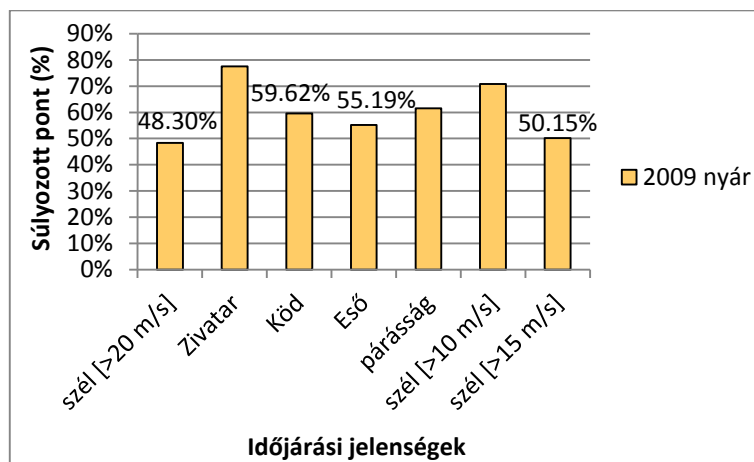
30. ábra. A DAM tavaszi előrejelzésére vonatkozó beválási mutató éves átlagai és változásának tendenciája

Ami a nyári előrejelzéseket illeti (31. ábra), megint csak egy viszonylag végig emelkedő tendencia lehetett megfigyelni a súlyozott pontok értékében. 2009-ben a kapott mérőszám 60,09%-nak adódott, így ez lett a legrosszabb beválású év, de 2014-ben is történt egy kisebb visszaesés az előző évekhez képest. Az időszak első és utolsó évében tapasztalt rendkívül alacsony beválást valószínűleg több időjárási jelenség pontatlan előrejelzése okozhatta, amelyek nyári beválási mutatóit a többi eseményével együtt a 32. ábrán mutatom be. Ebben az esetben is látható, és megerősíti az eddigieket, miszerint a szél-prognózis javításra szorul, főleg a nyári hónapokat illetően. Ugyanis 2009-ben a köd és az eső gyenge súlyozott pontjainál (előbbi 59,62%, utóbbi 55,19% volt) csak a szél15 (50,15%) és a szél20 (48,3%) húzták le jobban az évszakos átlagot.

A 2014-es kisebb visszaesést pedig szintén az egyik szélkategória, a szél15 pontatlan előrejelzése okozhatta, amely 53,1%-nak adódott. A legjobb beválású év ebben az esetben is 2013 lett. Meg kell még említeni, hogy a súlyozott pontok csupán 1-2%-ban tértek el a régiektől: 2010-ben és 2011-ben alul-, a többi évben felülmúlták a korábbi módszerrel számoltakat. Vagyis a felhasználók elvárásain alapuló új séma nyáron jobban emeli a viszonylag jó beválást (66% felettieket), mint a korábbi séma esetében.



31. ábra. A DAM nyári előrejelzésére vonatkozó beválási mutató éves átlagai és változásának tendenciája

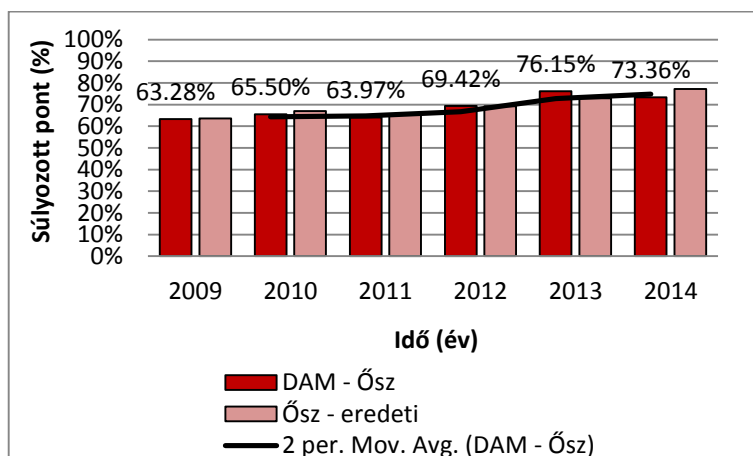


32. ábra. A DAM időjárási jelenségek előrejelzésére vonatkozó beválási mutatók éves nyári átlaga 2009-ben

A DAM őszi előrejelzések beválási mutatójában ugyancsak emelkedő, javuló tendenciát lehetett felfedezni (33. ábra). Bár ismét 2009-ben adódott a legalacsonyabb súlyozott pont (63,28%), azonban 2013-ban már a 76,15%-ot is elérte (ez lett a legjobb év), a közbülső időszakban pedig nem történt nagyobb mértékű visszaesés, csupán 2-4%-ban ingadozott a mutatók értéke. Az utolsó, 2014-es mutatónál egy közel 3%-os csökkenést lehetett tapasztalni 2013-hoz képest, amit okozhatott a hó őszi előfordulásának a többinél jóval pontatlanabb előrejelzése. Míg a többi jelenség (beleértve a 2. legrosszabb beválású páráságot is) mind 60% fölötti pontszámot ért el, addig a hó csupán 51,85%-ot. További

jelentősége ennek, hogy ez a csökkenés az éves átlagokban is megjelenik, közel hasonló értékkel (lásd: 27. és 28. ábrák).

Ami a korábbi módszer alapján számolt értékekkel való összehasonlítást illeti, ott az eddigiektől kissé eltérő helyzet volt tapasztalható, ugyanis az új sémával kapott súlyozott pontok egy év kivételével minden esetben alacsonyabbak lettek, mint a régi. Ez az egy eset a legjobb beválású 2013-as év volt.

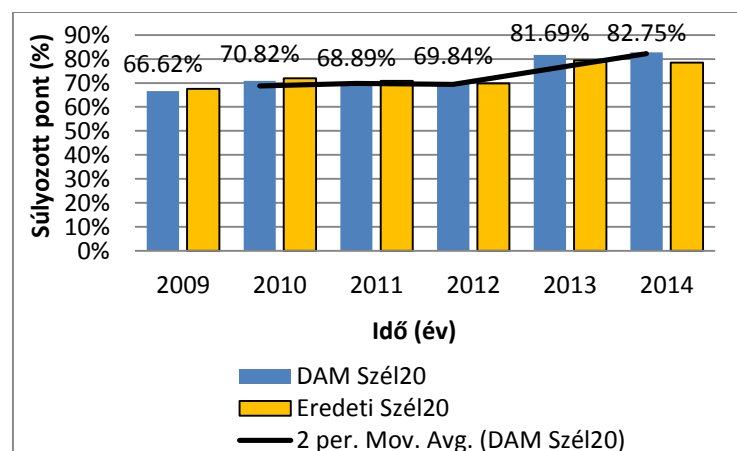


33. ábra. A DAM őszi előrejelzésére vonatkozó beválási mutató éves átlagai és változásának tendenciája

A legjobb súlyozott pontot elérő évszakot illetően, a téllel kapcsolatban is egy közel emelkedő tendencia mutatkozott a verifikációs mérőszám értékeiben. Az időszak kezdetén, 2009-ben még 69,26% volt a beválás (amivel ez lett a leggyengébb év, de ami nem sokkal maradt el az átlagos 72,66%-os értéktől), az ezt követő néhány évben 72% körüli, 2013-ban és 2014-ben pedig már 74% fölötti (előbbi érte el egyébként a legmagasabb súlyozott pontot, 76,40%-ot). Ezt is összehasonlítottam a régi sémával kapott eredményekkel, amiből az derült ki, hogy itt viszont az őszivel ellentétben egy (az első) év kivételével minden esetben felülmúlták a korábbi mutatókat az új módszerrel számított pontszámok, bár csak néhány század-, vagy egész százalékkal.

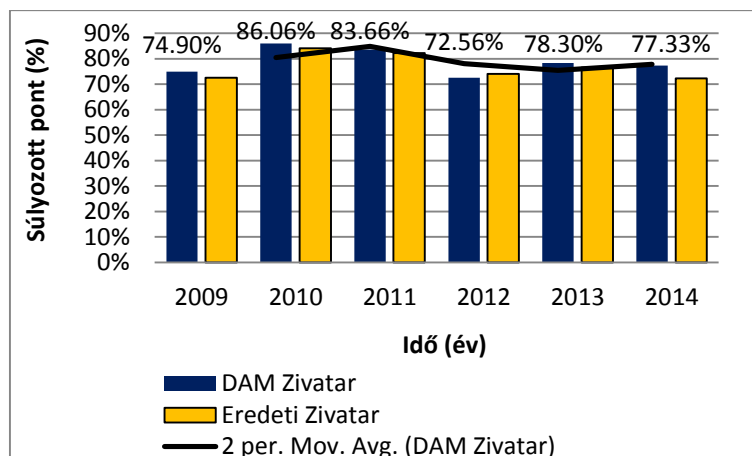
Megvizsgáltam a DAM esetében is a szél-előrejelzés beválását az új módszerrel, mivel ők is megfogalmazták azt az elvárást, miszerint ezeknek a jelenségeknek legyen még pontosabb a prognózisa. Mivel mind a TWR ATCO, mind a DAM esetében ugyanolyan arányban lettek felhasználva a verifikációs mérőszámok (PC, POD, SR, HSS) a szél10 és a szél15 súlyozott pontjának képletében, így utóbbi szolgálat szél-prognózisának beválása megegyezik az előbbi felhasználói csoportéval, amelyek a 24. és 25. ábrán már bemutatam. A szél20 esetében viszont egészen más képletet alkalmaztam ennél a csoportnál, így az alábbi 34. ábrán ismertetem is a rájuk vonatkozó eredményeket.

Az itt is megállapítható, hogy a másik két kategóriához képest ebben az esetben az emelkedő tendencia sokkal folytonosabb, (csak 2011-ben történt visszaesés, az is csupán 2%-os). Azonban a DAM-prognózisnál az új értékek csak az első három évben teljesítettek a régieken alul, 2012-ben utolérték, majd 2013-tól meg is haladták azokat. Ezen kívül a látványos javulás is később következett be az új pontszámokban: 2012-ig 66 és 70% között változtak a súlyozott pontok, és csak 2013-tól emelkedtek 80% fölé. A szél10, szél15 kategóriákhoz hasonlóan valószínűleg ennél is egy előrejelzői munkatechnológiás változtatás állt a javulás hátterében. A DAM-nak készített szél20 prognózis leggyengébb beválású évének (66,62%-kal) 2009 bizonyult.



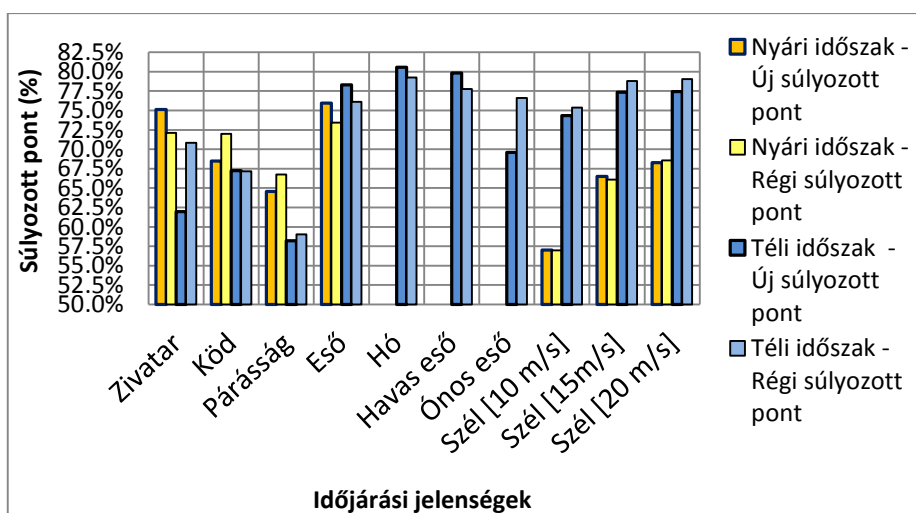
34. ábra. A DAM szél20 előrejelzésére vonatkozó beválási mutató éves átlagai és változásának tendenciája

A zivatar előrejelzésének beválását illetően is hullámzó tendenciát mutatott a diagram (35. ábra). 2010-ben az előző évi 74,9%-os értékről 86,06%-osra javult a mutató. Ezt követően 2012-ig végig csökkenő tendencia volt megfigyelhető a súlyozott pontokban. Csak az utolsó két évben (2013-tól) tűnt úgy, mintha megállna az előrejelzések beválásának romlása. A leggyengébb év 2012 volt (72,56%), a legjobb pedig 2010. A korábbi módszer alapján számolt értékekhez képest a vizsgált időszakban szinte végig nagyobbak adódtak az új mérőszámok, csak 2012-ben múltak alul a régebbieket.



35. ábra. A DAM zivatar előrejelzésére vonatkozó beválási mutató éves átlagai és változásának tendenciája

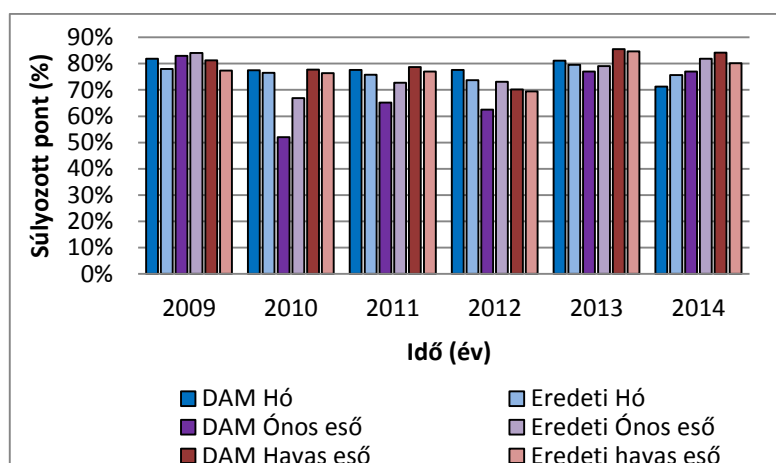
A nyári és a téli időszakot is megvizsgáltam a DAM esetében, mivel kiemelték, hogy számukra különösen fontos a téli időszak időjárásának pontos előrejelzése (36. ábra). Az új súlyozott pontokkal, amelyekben kiküszöböltük a ritka események magas pontszámának az átlagokat túlságosan feljavító hatását a téli üzemeltetési időszakban a beválás 1,5%-kal mérséklődött (74,00%-ról 72,48%-ra csökkent). Ezt a zivatar, párásság, ónos eső, szél-előrejelzés mutatóinak a korábbi módszerhez képesti romlása, és a köd, eső, hó, havas eső beválásának javulása okozta (lásd:19. ábra). A nyári időszakban az átlag 68% körüli maradt, mivel a zivatar és az eső prognózisának beválása néhány százalékkal javult, a köd és a párásságé közel ugyanannyival mérséklődött, a szél előrejelzéshez tartozó súlyozott pontok pedig lényegében nem változtak.



36. ábra. A DAM téli és nyári időszaki előrejelzésére vonatkozó régi és új beválási mutató éves átlagai

Mivel az időjárási jelenségek túlbiztosítási előrejelzésének fontossági sorrendjében az élen téli csapadékok szerepelnek, ezért elemeztem ezek beválásának évenkénti

változását, méghozzá együtt ábrázolva a régi és az új módszer mutatóit (37. ábra). Ebből egyrészt az derült ki, hogy a legritkábban előforduló havas eső előrejelzésének beválása 2012-ig romlott (81,29%-ról 70,24%-ra esett), majd az utolsó két évben emelkedni kezdett; viszont az is megfigyelhető, hogy az új értékek rendre magasabbnak adódtak, mint a korábbi esetben, ezáltal feljebb húzva az átlagokat. Utóbbi annak köszönhető, hogy a DAM-os felhasználók számára a pontos előrejelzés más jelenségek esetében volt a fontosabb, ezért ennél a jelenségnél a pontszám kiszámításakor nem történt meg a ritka előfordulás figyelembevétele a súlyozásban. A második legritkább téli csapadék, az ónos esőt illetően hasonló a tendencia: 2010-re 82,95%-ról 52,04%-ra csökkent a súlyozott pont, majd 2011-től emelkedni kezdtek az évenkénti beválások mutatói. Itt azonban az új értékek végig alacsonyabbnak adódtak, mint a korábbi módszer esetében, vagyis már nincsenek köztük olyan hibásan magas értékek, amelyek torzítanák a pontszámok átlagait, ami a módosított séma indokoltságát és megfelelőségét bizonyítja.

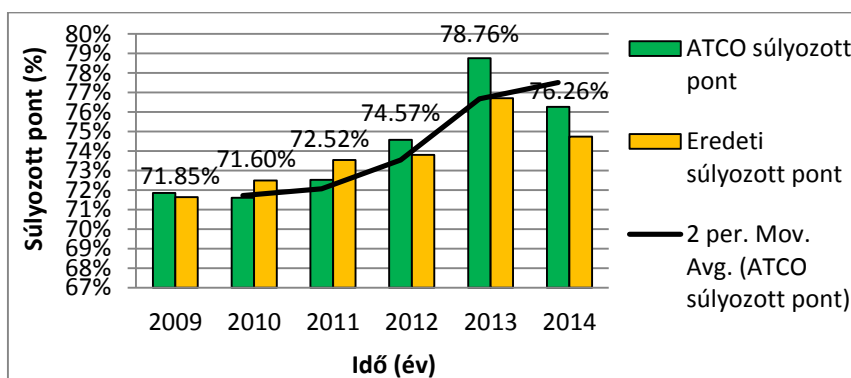


37. ábra. A DAM hó, havas eső, ónos eső előrejelzés beválási mutatóinak éves átlagai

A hó-prognózis beválásával kapcsolatban is megfigyelhető az előbb említett minimum időszak, de jóval enyhébb formában. Itt 2010-ben a korábbi 81,84%-ról csak 77,44%-ra csökkent a súlyozott pont, és 2011-ben is csupán 77,6% volt az érték. Azonban a 2013-as emelkedést követően (81,11% -os lett a mérőszám) csökkenő tendencia mutatkozott, 2014-ben 71,32%-ra zuhant a beválási mutató. Emellett az is megfigyelhető, hogy már a másik módszer alapján is az első öt évben volt viszonylag magas beválása, az új séma pedig ezt a tényt felerősítette (mivel figyelembe vette a hó ritkaságát, és a túlbiztosítása iránti igényt), míg a 2014-es visszaesésnél jelentős (negatív) korrigálást kellett alkalmaznia, hogy valóban az előrejelzői munkát (és a felhasználók elvárásait) tükrözze.

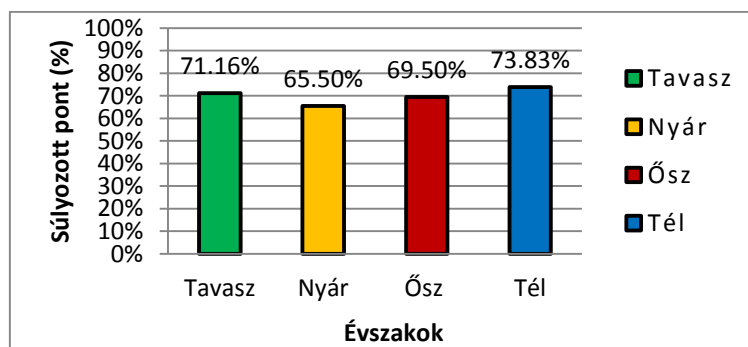
4.3.3. A munkatermi irányítói előrejelzésre alkalmazott verifikáció eredményei

A három szolgálat közül, az új súlyozás után a munkatermi irányítók, vagyis az ATCO számára készülő előrejelzés beválási mutatói lettek a legjobbak, az átlag 74,24%-nak adódott. Az elmúlt 6 évre visszatekintve az értékekben emelkedő tendencia volt kimutatható (38. ábra), az utolsó évben itt is kisebb visszaeséssel. A leggyengébb beválású év 2009 lett (71,85%-kal), és (akárcsak a többi szolgálatnál) 2013-ban bizonyult a legmagasabbnak a súlyozott pont. Előbbi esetében a 2,5%-os csökkenés mögött a többi jelenséghez képest jóval alacsonyabb (64,09%) pontszámot elérő havazás állhatott. Az első három (gyengébb beválású) évben még alul, míg az utolsó 3 évben már felülmúlta az új mutató a régit.



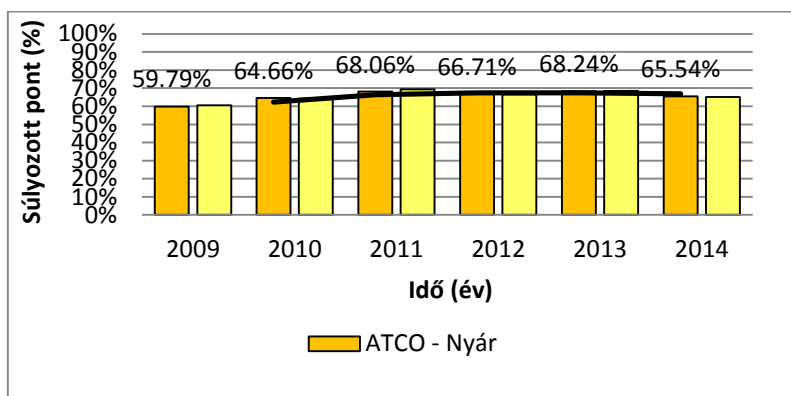
38. ábra. ATCO előrejelzésre vonatkozó beválási mutatók éves átlagainak és változásának tendenciája

Az évszakos átlagokat vizsgálva (39. ábra) ezúttal is a téli prognózisok bizonyultak a legjobbnak (73,83%), a második helyet pedig a tavaszi súlyozott pont érdemelte ki. Az őszi pontszám megint csak harmadikként szerepelt a sorban, és a nyári érték ennél a felhasználói csoportnál is utolsó lett (65,5%). A korábbi módszer évszakos átlagaival való összevetés során pedig megfigyelhető, hogy az ATCO-t illetően a súlyozott pontok két verziója a tavasz és a nyár esetében már csak 1-2 százalékkal, az ősz és a tél esetében pedig alig néhány százalékkal tér el egymástól.



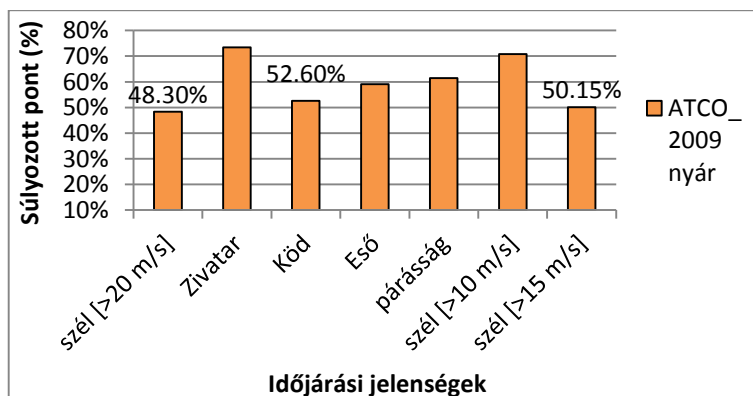
39. ábra. Az ATCO előrejelzésére vonatkozó beválási mutató évszakos átlaga

Az évszakok évenkénti átlagaiból a nyarat és az őszt emeltem ki, mivel ezeknél volt a legalacsonyabb a beválás mutató értéke. Ami a nyári hónapokat illeti a kezdeti alacsony súlyozott pont után enyhe emelkedő tendencia mutatkozott az értékekben, ami 2011 és 2014 között mérséklődött (40. ábra). Összehasonlítva a korábbi mérőszámokkal azt tapasztaltam, hogy 2009-ben, 2012-ben és 2014-ben magasabbnak, míg 2010-ben, 2011-ben és 2013-ban pedig alacsonyabbnak a régiéknél adódtak az új verifikációs mérőszámok.

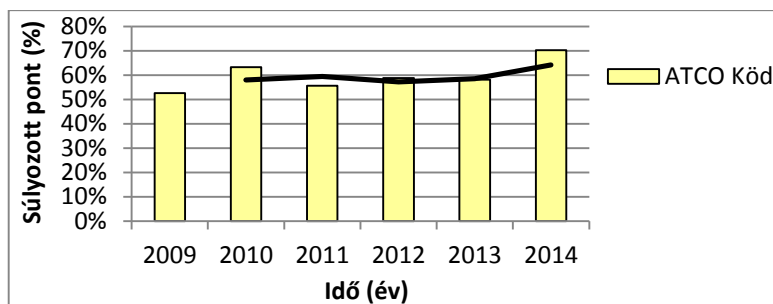


40. ábra. Az ATCO nyári előrejelzésére vonatkozó beválási mutató éves átlagai és változásának tendenciája

A legjobb beválású év 2013 lett, a leggyengébb pedig 2009 (59,79%), ahogy ez a többi szolgálatnál is megfigyelhető volt. Utóbbi alacsony voltát leginkább a szél20, a szél15 (előbbi 48,3%-nak, utóbbi 50,15%-nak adódott) és a köd előrejelzésének pontatlansága (52,60%-os súlyozott pont) okozhatta (41. ábra). Az előbbieket rossz beválása a felhasználók szempontjából annyira nem számít súlyos tényezőnek, viszont a pilóták gyakran érdeklődnek a ködhajlam felől, így ennek a gyenge pontszáma (52,6%) már sokkal aggasztóbb volt. Szerencsére az előrejelzők képesek voltak javítani az előrejelzés pontosságán, amit alátámasztott az időszak hátralévő részén az éves átlagokban mutatkozó növekvő tendencia is (42. ábra).

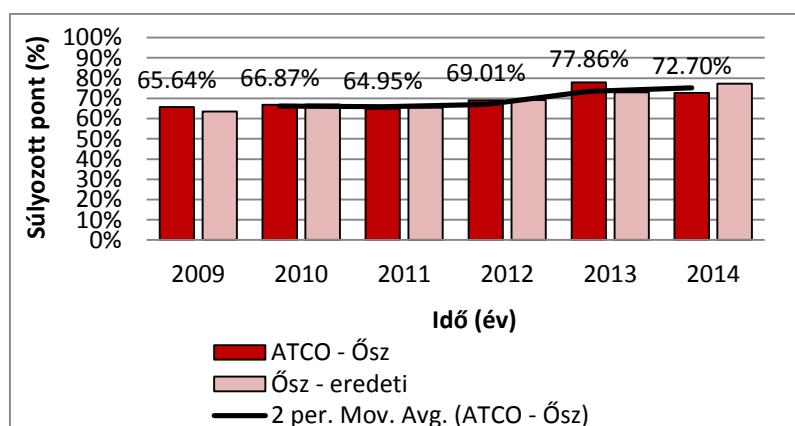


41. ábra. ATCO előrejelzésre vonatkozó, beválási mutatók éves átlagai és változásának tendenciája 2009-ben



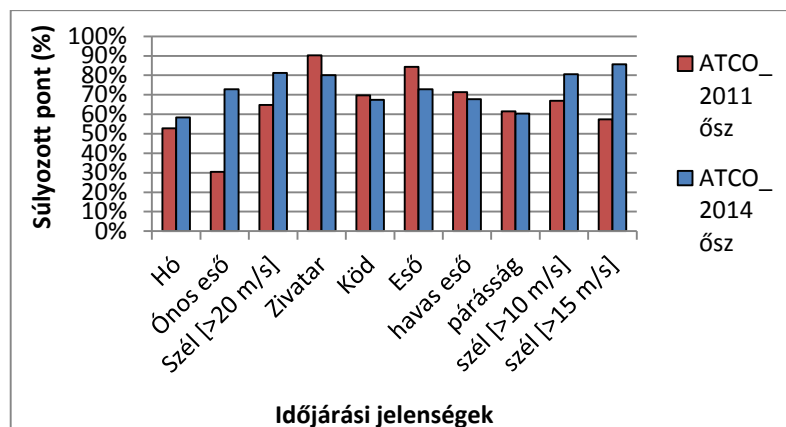
42. ábra. ATCO kód előrejelzésre vonatkozó, beválási mutatók éves átlagai és változásának tendenciája

Az őszi beválási mutatókkal kapcsolatban az 43. ábrán látható, hogy az első három évben még közel 65 és 67% között ingadoztak az értékek, majd 2012-től kifejezetten javuló tendencia vette kezdetét. A legjobb súlyozott pont elérése 2013-ban történt, míg a leggyengébb pontszám a 2011-ben volt megfigyelhető (64,95%).



43. ábra. Az ATCO őszi előrejelzésére vonatkozó beválási mutató éves átlagai és változásának tendenciája

Utóbbi esetében az alacsonyabb beválást leginkább a többi elemhez képesti pontatlanabb hó (52,73%), és ónos eső (30,4%) előrejelzés okozhatta (44. ábra). Emellett 2014-ben egy nagyobb (közel 5%-os) visszaesés is történt, amelyért ismét csak a hó tehető felelőssé a leginkább, 58,3%-ával. A kód előrejelzésének beválása pedig, amely ennél a szolgálatnál kiemelten fontos, ősszel mindkét évben 67% feletti volt.



44. ábra. Az ATCO előrejelzésre vonatkozó beválási mutatók éves átlagai 2011 és 2014 őszén

Összehasonlítva a korábbi módszer mutatóival azt lehetett észrevenni még az 44. ábrán, hogy azokban az években, amikor a többihez képest nagyobb mértékben volt alacsonyabb a beválási mutató (2011), illetve nagyobb visszaesés történt (2014) az új mérőszámot kisebbnek adódott a réginél, míg 2013-ban, illetve 2009-ben, az új felülmúlta a régebbit.

Összefoglalva az új módszerrel kapott eredményeket, elmondható, hogy az egyes szolgálatok átlagos, évszakos, valamint az adott jelenségekre számolt éves beválási mutatóikat tekintve is, a legtöbb esetben 2013 bizonyult a legjobb beválású évnek. Ebben az évben jellemezte a legmagasabb súlyozott pontszáma a DAM tavaszi, valamint a TWR ATCO és a DAM össz-előrejelzését, a DAM és az ATCO nyári, a DAM, az ATCO és a TWR ATCO őszi prognózisát, de a DAM havas esőre vonatkozó, és az ATCO szél20-hoz kapcsolódó verifikációs mérőszáma is ekkor érte el legnagyobb értékét.

A legrosszabb beválású év a legtöbb, új módszerrel számolt mutató szerint a korábbiakhoz hasonlóan 2009 lett. Ezek a mérőszámok következők voltak: a TWR ATCO-ra, és az ATCO-ra vonatkozó nyári, a DAM tavaszi, nyári, őszi és téli súlyozott pontja, valamint az ATCO szélelőrejelzéséhez (szél10, szél15, szél20) és a DAM össz-prognózisához tartozó mérőszám. Utóbbi az ónos eső és a páráság gyenge beválása miatt. Kiemelendő még, hogy a DAM-hoz tartozó ónos eső, havas eső és hó előrejelzés beválása 2009-ben volt a legjobb (akárcsak az ATCO össz-prognózisa), míg 2010-ben a legrosszabb, valamint, hogy a leggyengébb nyári mutató 2009-ben még mindig a köd, szél15 és szél20 pontatlan előrejelzése okozza (az ATCO-nál szintén). Az évszakos sorrend a korábbi módszerhez hasonlóan mindhárom szolgálatnál a tél – tavasz – ősz - nyár volt, csupán értékeik alakultak néhány százalékkal alacsonyabban.

Ami az új módszerrel kapott súlyozott pontokat illeti a következők derültek ki. Azokban az években, amikor a jelenség, vagy jelenségek kontingencia-táblájában a D

kategória dominált és emellett csak B és/vagy C esetek voltak, az új mutatók értékei mérséklődtek a korábbi eljárás alapján számoltakhoz képest. Azokban az években pedig, amikor az A és B típusú események felülmúlták a C típusúak számát az új mérőszámok rendre magasabban alakultak, mint az eredeti módszert illetően. Mindkettőre jó példa a 20 m/s-ot meghaladó szélsősebesség beválási mutatója, ahol a mérséklődés 2009 és 2012 között, a növekedés pedig 2013-ban és 2014-ben valósult meg (kontingencia-tábláit lásd a **11. táblázatban**). Fontos megemlíteni még a nyári/téli üzemeltetési időszak mutatóit, ahol a kritikusabb téli félév átlagos értéke némileg mérséklődött (ez a páráság, zivatar, ónos eső, szél10, szél15, szél20 mérőszámok csökkenése), a nyári pedig hasonló maradt, mint korábbihoz (a szél10 erősen leromlott, míg a köd, eső, hó, havas eső javult).

A vizsgált időszakban több olyan változás is történt a HungaroControl repülésmeteorológiai szolgálatának életében, amelynek hatása az eredményekben is megjelenik:

- a szolgálat 2012-ben költözött át a régi, I terminálnál lévő irodából, a HungaroControl székházába, a repülőtér 13R küszöbéhez közel eső 3. emeleti irodájába, ahonnan az égbolt jelentős része, és a repülőtér nagy része vizuálisan is belátható,
- továbbá jelentős változást jelentett maga a prognózisok beválását érintő minőségindikátor bevezetése a minőségirányítási rendszerbe, amelyre 2009-től került sor, ettől kezdve tévén lehetővé a minőségindikátorok folyamatos nyomon követését,
- szintén erre az időszakra esik a korábbi előrejelzési területen dolgozó kolléga nyugdíjba vonulása is, ezzel párhuzamosan pedig a repülőtéri meteorológiai szolgálat továbbképzési tervének és képzési programjának kiépítése is
- végül ugyancsak ebben a 6 éves időszakban történt, hogy a repülőtéri meteorológiai szolgálat saját numerikus modellje operatív üzembe állt, a WRF 8 km-es korlátos tartományon futó modellje, amely az amerikai GFS globális modell adatait használja kezdeti és peremfeltételként.

Ezek a tényezők a minőségindikátor 2009 óta való vizsgálata alapján összességében tehát pozitív hatást fejtettek ki a prognózisok beválására.

4.4. A turbulencia-verifikáció eredménye

A fent (4.3. alfejezetben) bemutatott verifikációs módszer és eredményei az ATCO esetére is az interjúkon elhangzott vélemények és tapasztalatok alapján készült, de az eljárás itt is csak a tíz fő veszélyes jelenség bevalását vizsgálta (zivatar, köd, párásság, ónos eső, hó, szél10 stb.). Amely ellenőrzés fontos információkat szolgáltat az előrejelzőnek, azonban az ATCO esetében további események verifikációjára is szükség van.

Ahogy azt már a 2.2.1.3. alfejezetben már ismertettem, a munkatermi irányítóknak (ATCO) egy ún. meteorológiai tájékoztató készül, amelyben a várható magassági szél, turbulencia, jegesedés, zivatarvekenység, valamint az LHBP pályairány alakulása és az esetlegesen bekövetkező LVP időszakokra szóló figyelmeztetés szerepel. Jelen dolgozatban a turbulencia verifikációjára tettem kísérletet, amelyet a következőkben röviden ismertetek.

Az elemzés során itt is a kategóriás módszer kívántam felhasználni, amihez a HungaroControl Zrt. munkatársai bocsátották rendelkezésre az előrejelzési és megfigyelési adatokat. A vizsgált időszak az adatbázisból lekért információk alapján 2014.04.03-tól 2015.02.24-ig tartott. Azért, hogy a kutatás minél egyszerűbb legyen, kezdetnek csak a nyugati országrészre vonatkozó turbulencia előrejelzéseinek tanulmányozását tűztem ki célul, amihez a SIGMET táviratok mellett, a nyugati szektorhoz tartozó repülőtéri prognózisokat használtam fel. Ami a megfigyelést illeti, az adatokat egyrészt a SIGMET távirat, másrészt a repülőgépek pilótái által küldött Special Air Report (ARS) jelentés képezték.

Fontos szem előtt tartani, hogy egyikük sem kerül rendszeresen jelentésre, kiadásuk és küldésük idejét és gyakoriságát az időjárási helyzet szabja meg. Továbbá azt is érdemes megjegyezni, hogy az ARS és a SIGMET táviratok, valamint a repülőtéri turbulencia előrejelzések egymástól szerkezetileg jelentősen különböznek (sőt akár tartalmilag is), utóbbi prognózis típusnál például csak a turbulencia várható erőssége és előfordulási tartományának alsó és felső (repülési) szintje szerepelt az lekért adatokban. A SIGMET és az ARS ennél jóval összetettebb.

A SIGMET tulajdonképpen egy olyan meteorológiai figyelmeztetés, amelyet az OMSZ ad ki olyan időjárási jelenségekre, amelyek hatással lehetnek a repülés biztonságára valamely útvonalon [4 – *Repülésmeteorológiai rövidítések*]. Ez vonatkozhat megfigyelt és/vagy előrejelzett eseményre is, amelynek földrajzi koordinátáit, előfordulási

tartományának alsó és felső határoló szintjét, mozgásának irányát és sebességét, valamint a jelenség erősségét is tartalmazza a távirat. Viszont egyszerre csak egyféle eseményt és csak annak meghatározott intenzitása esetén lehet kiadni, ami a turbulenciánál (de a jegesedésnél is) az erős és az afeletti kategóriát takarja.

Ami az ARS-ot illeti, az előbbihez hasonlóan távirati formában készül, ám ebben az esetben csak a jelenséget és az ahhoz tartozó elhelyezkedési tartomány repülési szintjeit, és földrajzi koordinátáit jelentik a pilóták. Azonban a SIGMET-tel ellentétben itt már arra is van lehetőség, hogy az észlelt jelenségeket mind egyazon táviratban jelentsék. Utóbbira lehet példa a turbulencia-jegesedés páros, de gyakran szerepel az ARS-ban (főleg önmagában) az erős keresztzél, vagy a felhőtető magasság is.

A vizsgálat során tehát az ország nyugati részére szóló turbulencia előrejelzéseket vettem szemügyre. A táviratokból visszaellenőriztem, hogy a koordináták biztosan a megfelelő szektorra vonatkoznak-e, majd sorban kiírtam a prognosztizált és a megfigyelt turbulenciák erősségét. Ezután kombinálva a 2 előrejelzési és megfigyelési adatsort, alkalmaztam rájuk a kategóriás verifikációs módszert olyan kiegészítésekkel, miszerint a kategóriatévesztés téves riasztásnak minősül (B kategória), valamint, hogy közepes erősségű turbulencia előrejelzés „MOD TO SEV” („közepesből erőssé válik”) és „MOD AND SEV” („közepes és erős”) eseteihez hasonló szituációkban a prognózis pontosnak legyen nevezhető. Ezek alapján a teljes, közel egy évnyi adatsorra kiszámolt súlyozott pont 32,53%-nak adódott, ami már első látásra is túlzottan alacsony értéknek tűnik, ahhoz, hogy a valóban a valóságos helyzetet reprezentálja. Ezen ellentmondás hátterében elsősorban a hibásan alkalmazott módszer állhat. Ugyanis az alábbi kontingencia-táblából (**Függelék: 11. táblázat**) is jól látszik, hogy a négy cella közül leginkább a B, és a D esetek, azaz a téves riasztások és a be nem következések domináltak. Ezt valószínűleg az okozhatta, hogy a módszer inkább a turbulencia létének prognosztizálására koncentrált, míg az intenzitás mértékének helyes előrejelzésének fontosságát figyelmen kívül hagyta. Szintén ellentmondás fedezhető fel abban, hogy az esemény-táblában a D esetek száma is nagyon magas, ami (ahogy már korábban láttuk) ritka eseményeknél szokott előfordulni, viszont a turbulencia nem tartozik az ilyen típusú jelenségek közé.

Kontingencia-tábla		Turbulencia megfigyelés	
		Igen	Nem
Turbulencia előrejelzés	Igen	16	178
	Nem	6	128

11. táblázat. A turbulencia esemény-táblája

További hátráltató tényezőt jelent a turbulencia verifikációjában, hogy amíg a SIGMET-nél kötelező a kritériumok (várható) teljesülése esetén kiadni a figyelmeztetést, addig a repülőgépek pilótái nem minden esetben küldenek távirati visszajelzést a turbulencia bekövetkezéséről, talán csak minden tízedik eseménynél, ami aránytalanul megnöveli a B esetek számát. Másrészről viszont a SIGMET sem tekinthető tökéletesen alkalmazhatónak jelenség verifikációjában, ugyanis az előírások alapján a közepes erősségű turbulenciát nem kell tartalmaznia, a repülőtéri prognózisok során viszont az ilyen erősségűt is előre jelzik. Az előbbi távirattal szemben azonban az ARS-ban ezek is feltüntethetők, amivel tehát az ilyen jelenségek prognózisa is ellenőrizhetővé válik (ha jelentik). Továbbá nehezíti a verifikációt, hogy prognosztizált és megfigyelt adatok tér és időbeli egyeztetését sem könnyű megfogni.

A fentiek alapján tehát megállapítottam, hogy az általam alkalmazott módszer nem tudta megfelelően reprezentálni a turbulencia előrejelzések bevalását, és az eljárást még tökéletesíteni kell, illetve más megközelítéssel kell folytatni. Tekintettel arra, hogy túlmutat jelen dolgozat keretein, ezért ebben az irányban nem végeztem további vizsgálatokat. Amennyiben a későbbiekben mégiscsak sikerül kidolgozni egy ideálisabb eljárást, úgy érdemes a jegesedéssel folytatni a verifikációt.

5. Összegzés

Ma már szinte minden szervezet használ minőségirányítási rendszert, mivel ezzel szisztematikusan és bármely szinten ellenőrizhetik, illetve minőségigazolással biztosíthatják termékeik és a folyamatok, mi több, az egész vállalat áttekinthetőségét. Ezek a rendszerek nem öncélúak, hanem elősegítik, hogy akár egy nem hagyományos terméket előállító, hanem szolgáltató szervezet is strukturáltan tudja áttekinteni a szolgáltatásait, azok előállítási folyamatait, és a szolgáltatás minőségét befolyásoló tényezőket. A szabvány előírásai megszabják, hogy a cég és az alegységek minőségcéljainak teljesülését monitorozni kell. Emiatt a Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér előrejelzői is készítettek verifikációs eljárást, amelynek eredményével a prognózisok pontosságát ellenőrizhetik.

Egy ilyen rendszernek fontos részét képezi, hogy az adott produktumot használó személyek, azaz a „vevők” elvárásai pontosan legyenek figyelembe véve, azonban a MIR felépítését a HungaroControl a korábbi szerződések és együttműködési megállapodásokra alapozva hozta létre, de a minőségügyi rendszer bevezetése óta meteorológiai területen

nem végzett külön felmérést a felhasználói igényekkel kapcsolatban. Ezért arra gondoltunk, hogy ezeket személyes interjúk keretében tárjuk fel, majd az így összegyűjtött véleményekből, tapasztalatokból és elvárásokból kiindulva felülvizsgáljuk a három fő repülőtéri szolgáltatnak küldött célprognózis korábbi hatékonysági mutatóit és minőségindikátorait, méghozzá az ún. kategóriás verifikáció segítségével, amely egy 2-kategóriás kontingencia-táblán alapul.

A módszer alkalmazásáról több tanulmány is született már, ám ezek többsége a TAF előrejelzés beválását vizsgálta (Kleupfel,2005; Mahringer,2008). A szöveges célprognózissal kapcsolatban azonban nem készült még hasonló kutatás, ezért volt olyan fontos a repülőtéri előrejelzők számára, hogy jelen dolgozatban egy átfogó és jól megalapozott, a valóságos helyzettől legkevésbé eltérő módszer kerüljön kidolgozásra, amelybe könnyen integrálható, és valamilyen mértékben összehasonlítható a TAF-ok beválási mutatói.

Diplomamunkám elején, a 2. fejezetben összefoglalást készítettem a MIR legfőbb jellemzőiről és felépítéséről, majd röviden ismertettem a Liszt Ferenc Repülőtéren előforduló szöveges előrejelzés-típusokat, a verifikációs módszert folytonos és kategóriás esetben, végül pedig a célprognózisokat felhasználó repülőtéri szolgáltatásokat mutattam be. Az ezt követő harmadik fejezetben tértem rá a felmérés és a kérdőívek koncepciójára és a vélemények összegzésére. Ezekben a legfontosabb információt a veszélyes jelenségek túlbiztosításának fontossági sorrendje képviselte. Emellett egy érdekes eredményt is sikerült feltárnom. A repülésmeteorológiai gyakorlatban, általánosságban is kritikusnak tartott zivatarok egyetlen szolgálati egységnél sem kerültek dobogós helyre a fontossági sorrendben. A beszélgetések során feltártam ennek hátterét is, amelyből kiderült, hogy a többi jelenséggel összehasonlítva a repülésre gyakorolt hatásuk karakterisztikus ideje meglehetősen rövid. Végül mindhárom szolgálat esetében röviden ismertettem a nekik küldött célprognózisra eddig használt verifikációs módszert.

A következő fejezetben a verifikációs eljáráshoz kiszámoltam a 10 veszélyes időjárási jelenséghez tartozó (pl. zivatar, eső, havas eső, köd stb.) 2-kategóriás kontingencia-táblák értékeit teljes 6 éves időszak (2009-2014) adataira, majd ezekből a különböző mérőszámokat (PC, BIAS, CSI, HSS, Súlyozott pont stb). Bemutattam az egyes jelenség beválását a teljes időintervallumra vonatkozóan, illetve éves, évszakos, havi átlagolásokban. Ahol pedig szükséges volt, ott a jelenségek évenkénti változásának (zivatar, szél10, szél15), vagy évenkénti évszakos átlagainak ábrájával (havas eső, szél20, ónos eső) is alátámasztottam a tapasztaltakat. Ezek alapján elmondható, hogy a tavasz

végén – nyár elején leggyengébb a prognózisok beválása, mégpedig a szél (mindhárom szélküszöb!), és a zivatar pontatlanabb előrejelzése miatt. Sok esetben jelentkezett a korábbi évekhez képest jelentős pozitív változás 2013-ban (vagy már 2012-ben is). Ennek hátterében többek között az is állhatott, hogy a Repülésmeteorológiai osztálya 2012 őszén költözött az új helyére, a HungaroControl ANS III-as épületébe, ahonnan már sokkal jobb és nagyobb rálátásuk lehetett a repülőtér időjárására, továbbá, hogy a szükséges nyugdíjazások miatt az előrejelzői gárda is új emberekkel frissült.

Az eredmények elemzése során ugyanakkor azt is megállapítottam, hogy 2009 és 2012 őszén, valamint 2010 és 2014 tavaszán az ónos eső és a havas eső, illetve 2013 tavaszán a szél20 esetében is mindnél egy viszonylag magas érték, 71,43% jött ki a súlyozott pontra, pedig a kontingencia-táblájukban csak az események be nem következésének helyes előrejelzései szerepeltek. Ez alapján levontam a következtetést, miszerint a furcsa eredményeket az előbb felsorolt jelenségek ritka előfordulása okozza. A következő alfejezetben ismertettem és ábrákkal alá is támasztottam ezt a tulajdonságukat, és ennek hatását. Ezen kívül elemeztem néhány felhasználói elvárás vizsgálatához készített ábrát is, amelyekből többek között kiderült, hogy a téli üzemeltetési időszak jobb beválású, mint a nyári, mivel utóbbinál a nagyon pontatlanok a szélelőrejelzések.

Az újonnan kidolgozott verifikációs módszer eredményeit tekintve megállapítottam, hogy az új beválási mutatók mindhárom szolgálatnál mérséklődtek azokban az években, amikor valamelyik jelenség kontingencia-táblájában a „be nem következés” helyes előrejelzése dominanciája mellett csak alul- és/vagy túlbiztosított esetek voltak, míg növekedtek, ha a pontos előrejelzések és a téves riasztások számbeli fölénybe kerültek a kihagyott eseményekkel szemben. Ebből arra következtettünk, hogy sikerült jobban figyelembe venni a ritka eseményeket, amelyeknél korábban a 70% fölötti, magas súlyozott pont nem a valóságos helyzetet jellemezte, mivel csupán a 100%-hoz közeli és erősen súlyozott PC húzó ereje miatt tűntek jónak a beválások. A nyári teljes szélelőrejelzés beválásai azonban továbbra is javításra szorulnak. Erre jelenthet majd megoldást a remélhetőleg ősszel megérkező SODAR, amely hanghullámok segítségével méri (néhány tíz méteres felbontással) a szélesebbséget a légkör alsó 1 km-es rétegében, illetve a helyben nagy felbontású numerikus modell. Továbbá érdekes lesz vizsgálni a 2015 januárja óta operatív használatban lévő, az OMSZ által szolgáltatott AROME korlátos tartományú numerikus modell hatását a beválási mutatókra.

A tíz fő veszélyes időjárási jelenség mellett elkezdtem a munkatermi prognózisban szereplő turbulencia verifikációjának is, azonban az általam használt kategóriás módszerrel

azonban túlzottan alacsony érték adódott. Így arra a következtetésre jutottam, hogy erre a jövőben másféle megközelítésű verifikációs eljárást kell majd alkalmazni. Amennyiben pedig ez sikerül, úgy azt a jegesedésre is ki lehetne terjeszteni.

További terveink közé tartozik még, hogy a munkatermi irányítóknak is kidolgozzuk a prognózis minden elemére vonatkozó verifikációt, valamint, hogy a TWR ATCO és az ATCO számára, illetve az összes szolgálatnak együttesen meghatározzunk egy hatékonysági mutatót.

6. Köszönetnyilvánítás

Rengeteg köszönettel tartozom témavezetőmnek, *Kardos Péternek*, aki szaktudásával, rengeteg türelemmel és hasznos tanáccsal járult hozzá, hogy a dolgozatom elkészülhessen, mindvégig biztatott és segített, hogy a szövegezés elnyerhesse végleges formáját.

Szeretnék köszönetet mondani a *HungaroControl Zrt. előrejelzőinek* is, akikhez bármilyen kérdéssel nyugodtan fordulhattam, és akik a repülőtéren töltött nyári gyakorlat során, a diplomamunkámhoz szükséges interjúkon elkísértek, és szaktudásukkal, gyakorlati tapasztalataikkal segítettek eligazodni az előrejelzői feladatokban, hozzájárulva ezzel szakmai fejlődésemhez.

Köszönettel tartozom még *családomnak* és *barátaimnak*, akik mindvégig megértően támogattak és biztattak a dolgozat elkészítése során.

Végül, de nem utolsó sorban köszönetet kell mondanom *dr. Matyasovszky Istvánnak*, aki statisztikai kérdésekben látott el tanácsokkal, és hozzájárult a dolgozat szövegezésének véglegesítéséhez.

7. Irodalomjegyzék

- Caesar, K., 2007: CMO Terminal Aerodrome Forecast Verification Programme. Caribbean Meteorological Council – 47, St. Vincent. 2007.
- Doswell III, Ch. A., Davies-Jones, R., Keller, D., 1990: On summary measures of skill in rare event forecasting based on contingency tables. *Weather and Forecasting*, 5, 576–585 p.
- Fuller, S., 2003: Verification of Terminal Aerodrome Forecast. Met Office, 2003.
- Gandin, L.S., Murphy, A. H., 1992: Equitable Skill Scores for Categorical Forecasts. *Mon. Weath. Rev.*, 120, 361-370 p.
- Harris, G., 1998: The UKMO TAF Verification Scheme. London, 1995.
- ICAO, 2013: Annex 3 to the Convention on International Civil Aviation, Meteorological Service for International Air Navigation. ICAO, Montreal, 185 p.
- Jolliffe, I. T., Stephenson, D. B., 2003: Forecast Verification, A Practitioner's Guide in Atmospheric Science. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 240 p.
- Kleupfel, C. K., 2005: TAF verification in the U.S. National Weather Service. NSW Instruction 10 – 1601.
- Mason, I.B., 2003: Binary Event. In: Forecast Verification (szerk: Jolliffe, I. T., Stephenson, D. B.). John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 37–76 p.
- Mahringer, G., 2008: Terminal aerodrome forecast verification in Austro Control using time windows and ranges of forecast condition. *Meteorological Applications*, 2008, 113–123.
- Nurmi, P., 2003: Recommendations on the verification of local weather forecasts. ECMWF Tech. Memo., 430, 18 p.
- Potor, A., 2009: Magyarországi repülőterek TAF előrejelzéseinek összehasonlító verifikációja. Diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, Témavezető: dr. Wantuch Ferenc, 49 p.
- Sándor, V., Bozó, J., 2011: Jelentés az Országos Meteorológiai Szolgálat, mint léginnavigációs szolgáltató 2010. évi tevékenységéről. OMSZ, Budapest, 9 p.
- Steierlein, Á., 2014: A repülőtéri reguláris időjárási távirat ultrarövidtávú leszállási előrejelzésének verifikációja. Diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, Témavezető: Kardos Péter, 70 p.
- Tajti, D.:2009: Az ECMWF determinisztikus és valószínűségi előrejelzések összehasonlító verifikációja. Szakdolgozat, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, Témavezető: Ihász István, 30 p.
- Wantuch, F., 2008: Repülésmeteorológiai előrejelzések bevalásának automatikus kiértékelése katonai repülőtereken. Repüléstudományi Konferencia, Szolnok, 2008.

Internetes hivatkozások

[1 – METAR és SPECI leírás]:

http://www.met.hu/ismertetok/METAR_SPECI_leiras.pdf

[2 – 4. fejezet: Légijárművek közlekedése]:

http://www.bud.hu/budapest_airport/tenyek_a_repterrol/repuloteri_rend.

[3 – Szakmabemutató információs mappa: Légiforgalmi irányító]:

<http://data.munka.hu/data/mediatar/pdf/ujak/legiiranyito.pdf>

[4 – Repülésmeteorológiai rövidítések]:

http://met.hu/ismertetok/repmet_roviditesek.pdf

8. Függelék

Kérdések	Toronyirányítók
Legfontosabb felhasznált meteorológiai információforrások	szélirány, szélsébség, ALMOS (METAR), HAWK, szinoptikus, LVP előrejelzés, AODM figyelmeztetés
Pályairány előrejelzéssel való elégedettség átlagos mértéke (1-5 –ös skálán)	3,6
Megbízhatónak mondott pályairány előrejelzés	a szinoptikus prognózisa általában megbízható , de függ az időjárási helyzettől
Nem megbízható pályairány előrejelzés	5 csomó körüli/változó szélirány , főleg a DNY körüli irány esetén
Olyan része az előrejelzésnek, ami túl van részletezve és elég lenne egy egyszerűbb formája is	nincs ilyen, megfelelő a jelenlegi forma
Az általános időjárási helyzet ismertetésének szükségessége az előrejelzésben	nem annyira fontos, de jó, ha tudnak róla
Meteorológiai információt szolgáltató eszköz, amellyel nem elégedettek (vagy hiányzik)	radar (gyakorlatban csekély a haszna, csak tájékoztató jellegű)
Meteorológiai információ, amelynél szükség lenne a nagyobb időbeli felbontásra	radarkép (5 perces)
Veszélyes jelenségek túlbiztosításának fontossági sorrendje	1. ónos eső 2. köd 3. havazás, erős szél 5. zivatar
Riasztás, előrejelzés módjával való elégedettség	megfelelő az értesítés módja , de markáns szélirányváltozás szükség lenne telefonon is értesítést kapni
Riasztás időben történő kiküldése	általában elégedettek vele
A pilóták által rákérdezett, időjárási helyzettel kapcsolatos információk	futópálya-állapot, fékhatás (téli), milyen csapadék van a pályán, látástávolság tendenciája (LVP üzemelés idején), merre van a zivatar/mikor ér véget
Pilótáktól kapott meteorológiai információk	magassági szélirány és sebesség, turbulencia,
A riasztások időben történő kiadásával való elégedettség átlagos mértéke (1-5-ös skála)	4-5
Az előrejelzések szövegének formátumával való elégedettség átlagos mértéke (1-5-ös skála)	4,6
Az előrejelzések megbízhatóságának átlagos mértéke (1-5-ös skála)	4
Megjegyzések, finomítások, javaslatok	proaktív szélkövetés; sokan inkább csak az aktuális helyzet alapján dolgoznak; a megerősítésért, előrejelzésért felhívott szinoptikus információja megbízható; általános időjárási helyzet az LVP előrejelzés végére

3. táblázat. A toronyirányítók számára készített interjú kérdései és válaszai

Kérdések	DAM válaszok
A meteorológiai információk naprakészségével, a frissülésük gyakoriságával való elégedettség	elégedettek velük
A kapott előrejelzésekben keverten használt kétféle mértékegység-rendszer (angolszász- és SI-rendszer) megfeleltetése a gyakorlatban	jól használható (bár kényelmesebb lenne a csak SI-rendszer)
Olyan része az előrejelzésnek, ami túl van részletezve és elég lenne egy egyszerűbb formája is	nincs ilyen, megfelelő a jelenlegi forma
Az általános időjárási helyzet ismertetésének szükségessége az előrejelzésben	hasznos az általános időjárási helyzetről tudni, de annyira nem lényeges
Meteorológiai információt szolgáltató eszköz, amellyel nem elégedettek (vagy hiányzik)	radarkép; pályahőmérő, aktív jegesedés hőmérő
Meteorológiai információ, amelynél szükség lenne a nagyobb időbeli felbontásra	radarkép (5 perces)
Veszélyes jelenségek túlbiztosításának fontossági sorrendje	1. ónos eső 2. hó 3. ziv. 4. köd, heves eső 5. erős szél (de hóval, heves esővel a(z oldal)szél is nagy veszélyt jelent!)
Az előrejelzésre való ráfrissítés szükségessége	napközben nem kell , de télen hasznos volna minél korábban küldeni a friss, esti előrejelzést, vagy az éjszakai szinoptikus erősítse meg/módosítsa a korábbi, esti prognózist telefonon
Az előrejelzésekről, riasztásokról történő értesítés módjával való elégedettség	alapvetően megfelel a jelenlegi, de markáns változások esetén hasznos lehet a telefonos ráfrissítés
A riasztások időben történő kiadásával való elégedettség átlagos mértéke (1-5-ös skála) nyáron	5
Az előrejelzések szövegének formátumával való elégedettség átlagos mértéke (1-5-ös skála) nyáron	5
Az előrejelzések megbízhatóságának átlagos mértéke (1-5-ös skála) nyáron	5
A riasztások időben történő kiadásával való elégedettség átlagos mértéke (1-5-ös skála) télen	4,5
Az előrejelzések szövegének formátumával való elégedettség átlagos mértéke (1-5-ös skála) télen	4,75
Az előrejelzések megbízhatóságának átlagos mértéke (1-5-ös skála) télen	4
Megjegyzések, finomítások, javaslatok	a szél erőssége és a csapadék fajtája a legkritikusabb, de főleg a téli időszak; ha valószínűek a rossz időjárási körülmények, szerepeljen „biztosan bekövetkezik”-ként, ill. a vastagabb/több csapadékkal; hasznos lenne, ha tudnák, hogy zivatarkekenység esetén a zivatar jön-e vagy megy; a nyári tervezhetőséggel, nyári adat mennyiségével, minőségével elégedettek; az LVP NAGYON hasznos

4. táblázat. A DAM számára készített interjú kérdései és válaszai

Kérdések	Munkatermi irányítók válaszai
A meteorológiai információk naprakészségével, a frissülésük gyakoriságával való elégedettség	általánosságban véve elégedettek velük
Pályairány előrejelzéssel való elégedettség átlagos mértéke (1-5 –ös skálán)	4
Olyan része az előrejelzésnek, ami túl van részletezve és elég lenne egy egyszerűbb formája is	nincs ilyen, megfelelő a jelenlegi forma, minden körzet azt a részt veszi figyelembe, ami rá vonatkozik
Az általános időjárási helyzet ismertetésének szükségessége az előrejelzésben	fontos az általános időjárási helyzet, jó, ha tudnak róla
Meteorológiai információt szolgáltató eszköz, amellyel nem elégedettek (vagy hiányzik)	radarkép, (alacsony légterben is: szélviszonyok, csapadék, felhőalap, ködhajlam, talajszél stb.)
Meteorológiai információ, amelynél szükség lenne a nagyobb időbeli felbontásra	radarkép (5 perces)
Veszélyes jelenségek túlbiztosításának fontossági sorrendje	1. köd 2. hó 3. heves eső 4. zivatar 5. jegesedés 6. turbulencia 7. erős szél
A reggeli tájékoztató prognózis mellett az LVP előrejelzés(ek) bevezetésének szükségessége	hasznos lenne, de nem feltétlenül szükséges (esetleg papíros formában kifüggesztve)
Esetleges riasztás módja	email/telefon az SV-nek
A pilóták által rákérdezett, időjárási helyzettel kapcsolatos információk	RVR értékek (futópályamenti látástávolság; télen), zivatar, nagy csapadék, ködhajlam
Pilótáktól kapott meteorológiai információk	pl. zivatar helyzete, turbulencia, jegesedés
A pilótáktól származó (friss) információk a jegesedésről, turbulenciáról eljuttatása a szinoptikusnak	SIGMET, vagy az SV-n és a METEOR-on keresztül
A riasztások időben történő kiadásával való elégedettség átlagos mértéke (1-5-ös skála)	2,75
Az előrejelzések szövegének formátumával való elégedettség átlagos mértéke (1-5-ös skála)	4
Az előrejelzések megbízhatóságának átlagos mértéke (1-5-ös skála)	4
Megjegyzések, finomítások, javaslatok	inkább legyen túlbiztosítva a veszélyes jelenség, hasznos lenne kitérni a szomszédos országok időjárására is zivatarok esetén,

5. táblázat. A munkatermi irányítók számára készített interjú kérdései és válaszai

Kontingencia-tábla		Zivatar megfigyelés	
		Igen	Nem
Zivatar előrejelzés	Igen	120	162
	Nem	34	1566
Kontingencia-tábla		Páráság megfigyelés	
		Igen	Nem
Páráság előrejelzés	Igen	643	253
	Nem	561	1211
Kontingencia-tábla		Szél [10 m/s] megfigyelés	
		Igen	Nem
Szél [10 m/s] előrejelzés	Igen	698	273
	Nem	375	1350
Kontingencia-tábla		Szél [20 m/s] megfigyelés	
		Igen	Nem
Szél [20 m/s] előrejelzés	Igen	17	44
	Nem	94	2513
Kontingencia-tábla		Havas eső megfigyelés	
		Igen	Nem
Havas eső előrejelzés	Igen	56	92
	Nem	39	1840
Kontingencia-tábla		Köd megfigyelés	
		Igen	Nem
Köd előrejelzés	Igen	306	285
	Nem	247	1830
Kontingencia-tábla		Eső megfigyelés	
		Igen	Nem
Eső előrejelzés	Igen	858	428
	Nem	111	1271
Kontingencia-tábla		Szél [15 m/s] megfigyelés	
		Igen	Nem
Szél [15 m/s] előrejelzés	Igen	129	163
	Nem	209	2167
Kontingencia-tábla		Hó megfigyelés	
		Igen	Nem
Hó előrejelzés	Igen	261	182
	Nem	36	1067
Kontingencia-tábla		Ónos eső megfigyelés	
		Igen	Nem
Ónos eső előrejelzés	Igen	32	79
	Nem	17	1959

6. táblázat. Az időjárási jelenségek esemény-táblái

Időjárási jelenség	DAM		Súlyozott pont képlet
	POD	SR	
havazás	4	2	$(10 \cdot PC + 4 \cdot POD + 2 \cdot SR + 2 \cdot HSS) / 18$
Ónos eső	4	4	$(10 \cdot PC + 4 \cdot POD + 4 \cdot SR + 2 \cdot HSS) / 20$
Szél20	1	1	$(10 \cdot PC + 1 \cdot POD + 1 \cdot SR + 2 \cdot HSS) / 14$
zivatar	3	1	$(10 \cdot PC + 3 \cdot POD + 1 \cdot SR + 2 \cdot HSS) / 16$
köd	2	1	$(10 \cdot PC + 2 \cdot POD + 1 \cdot SR + 2 \cdot HSS) / 15$
eső	2	1	$(10 \cdot PC + 2 \cdot POD + 1 \cdot SR + 2 \cdot HSS) / 15$
havas eső	1	1	$(10 \cdot PC + 1 \cdot POD + 1 \cdot SR + 2 \cdot HSS) / 14$
páráság	1	1	$(10 \cdot PC + 1 \cdot POD + 1 \cdot SR + 2 \cdot HSS) / 14$
szél10	1	1	$(10 \cdot PC + 1 \cdot POD + 1 \cdot SR + 2 \cdot HSS) / 14$
szél15	1	1	$(10 \cdot PC + 1 \cdot POD + 1 \cdot SR + 2 \cdot HSS) / 14$

7. táblázat. A jelenségek új súlyozott pontjainak kiszámítási módja a DAM esetében

Időjárási jelenség	TWR ATCO		Súlyozott pont képlet
	POD	SR	
havazás	3	1	$(10*PC+3*POD+1*SR+2*HSS)/16$
Ónos eső	4	4	$(10*PC+4*POD+4*SR+2*HSS)/20$
Szél20	3	1	$(10*PC+3*POD+1*SR+2*HSS)/16$
zivatar	2	1	$(10*PC+2*POD+1*SR+2*HSS)/15$
köd	4	2	$(10*PC+4*POD+2*SR+2*HSS)/18$
eső	1	1	$(10*PC+1*POD+1*SR+2*HSS)/14$
havas eső	1	1	$(10*PC+1*POD+1*SR+2*HSS)/14$
páráság	1	1	$(10*PC+1*POD+1*SR+2*HSS)/14$
szél10	1	1	$(10*PC+1*POD+1*SR+2*HSS)/14$
szél15	1	1	$(10*PC+1*POD+1*SR+2*HSS)/14$

8. táblázat. A jelenségek új súlyozott pontjainak kiszámítási módja a TWR ATCO esetében

Időjárási jelenség	ATCO		Súlyozott pont képlet
	POD	SR	
havazás	3	1	$(10*PC+3*POD+1*SR+2*HSS)/16$
Ónos eső	3	1	$(10*PC+3*POD+1*SR+2*HSS)/16$
Szél20	1	1	$(10*PC+1*POD+1*SR+2*HSS)/14$
zivatar	2	1	$(10*PC+2*POD+1*SR+2*HSS)/15$
köd	4	1	$(10*PC+4*POD+1*SR+2*HSS)/17$
eső	1	1	$(10*PC+1*POD+1*SR+2*HSS)/14$
páráság	1	1	$(10*PC+1*POD+1*SR+2*HSS)/14$
havas eső	1	1	$(10*PC+1*POD+1*SR+2*HSS)/14$
szél10	1	1	$(10*PC+1*POD+1*SR+2*HSS)/14$
szél15	1	1	$(10*PC+1*POD+1*SR+2*HSS)/14$

9. táblázat. A jelenségek új súlyozott pontjainak kiszámítási módja az ATCO esetében

Szél20 kontingencia-tábla (2009)						Szél20 kontingencia-tábla (2010)					
A	B	C	D	PC	Súlyozott pont	A	B	C	D	PC	Súlyozott pont
1	5	25	287	0,905	67,54%	1	4	19	470	0,953	71,89%
Szél20 kontingencia-tábla (2011)						Szél20 kontingencia-tábla (2012)					
A	B	C	D	PC	Súlyozott pont	A	B	C	D	PC	Súlyozott pont
2	4	39	450	0,917	70,92%	0	2	3	242	0,979	69,84%
Szél20 kontingencia-tábla (2013)						Szél20 kontingencia-tábla (2014)					
A	B	C	D	PC	Súlyozott pont	A	B	C	D	PC	Súlyozott pont
3	8	2	572	0,983	79,35%	16	39	2	878	0,956	78,47%

11. táblázat. A 20 m/s-ot meghaladó szélsébség kontingencia táblái, az éves PC és súlyozott pont értékekkel

Rövidítések jegyzéke

Rövidítés	Angol megnevezés	Magyar megnevezés
ACC	Area Control Center	Légiforgalmi Irányító Központ
AMD TAF	Amended Terminal Aerodrom Forecast	Módosított Repülőtéri Időjárás Előrejelzés
ARS	Special Air Report	a levegőben tartózkodó gépek fedélzetén észlelt szignifikáns jelenségekről kiadott légi-jelentés
ATCO	Air Traffic Controller	Légiforgalmi irányítás (munkatermi irányítóegység)
BIAS		Szisztematikus alul,- vagy túlbiztosítás
CSI	Critical Succes Index	Kritikus Sikerességi mutató
DAM	Duty Airport Manager	Repülés Üzemvezetők
FAR	False Alarm Ratio	Téves Riasztási Arány
FIC	Flight Information Center	Repülés Tájékoztató Központ
FL	Flight Level	Repülési szint
FMET		Repülőtéri Meteorológiai Iroda
HSS	Heidke Skill Score	Heidke-féle mérőszám
ICAO	International Civil Aviation Organization	Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet
KPI	Key Performance Indicator	Hatékonysági mutató
LHBP		Budapest Liszt Ferenc nemzetközi repülőtér ICAO azonosítója
LVP	Low Visibility Procedures	Rossz látási viszonyok esetén alkalmazandó eljárások
METAR	Meteorological Actual Report	Repülési rendszeres időjárás jelentő távirat
MIR		Minőségirányítási rendszer
OMSZ		Országos Meteorológiai Szolgálat

MOD	Moderate	Közepes erősségű (turbulencia)
POD	Probability of Detection	Észlelés/Megfigyelés valószínűsége
PC	Percentage Correct	Hibátlan előrejelzési arány
SEV	Severe	Erős (turbulencia)
SIGMET	Significant Meteorological Information	Útvonalon előforduló olyan időjárási jelenségről szóló tájékoztatás, amely veszélyt jelenthet a repülés biztonságára
SPECI		Speciális időjárás-jelentés a repülés számára
SR	Success Ratio	Sikerességi arány
SV	Supervisor	Szolgálatvezető
szél10		10 m/s-ot meghaladó szélsébség
szél15		15 m/s-ot meghaladó szélsébség
szél20		20 m/s-ot meghaladó szélsébség
TAF	Terminal Aerodrom Forecast	Repülőtéri Időjárás Előrejelzés
TSS	True Skill Score	Hansen-Kriper-féle mérőszám
TWR ATCO	Tower Air Traffic Controller	Toronyirányítás