

**Eötvös Loránd Tudományegyetem
Természettudományi Kar
Földrajz és Földtudományi Intézet
Meteorológiai Tanszék**

**A repülőtéri reguláris időjárási távirat
ultrarövidtávú leszállási előrejelzésének
verifikációja**

– DIPLOMAMUNKA –



Készítette:

Steierlein Ákos

Meteorológus MSC-s hallgató, Időjárás-előrejelző szakirány

Témavezető:

Kardos Péter

HungaroControl Zrt., FMET részlegvezető

Tanszéki konzulens:

Soósné dr. Dezső Zsuzsanna

ELTE TTK, Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2014.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	3
2.	Problémafelvetés	5
3.	Szakirodalmi áttekintés	8
4.	A verifikációs módszer.....	11
4.1.	A leszállási előrejelzésről.....	11
4.2.	A verifikáció alapjául szolgáló repülőtéri táviratokról röviden	12
4.2.1.	A METAR.....	12
4.2.2.	A SPECI	13
4.3.	A verifikáció.....	13
4.3.1.	A kategóriás verifikáció	14
4.3.2.	A pontozásos módszer részletes bemutatása	15
5.	Esettanulmányok	25
5.1.	Köd a Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren 2013.11.16-án és 17-én	25
5.2.	Zivatar a prágai Václav Havel repülőtéren 2009.07.23-án.....	28
6.	Eredmények.....	35
6.1.	A kategóriás verifikáció eredményei.....	35
6.1.1.	A Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtér működési fázisainak kritikus látástávolság értékei.....	35
6.1.2.	A jelenidőkre végzett vizsgálatok eredményei	37
6.2.	A pontozásos módszer eredményei	41
6.2.1.	Eredmények az összpontszám alapján.....	41
6.2.2.	Eredmények a „jó előrejelzések” alapján.....	43
7.	Eredmények értékelése, összefoglalás	53
8.	Köszönetnyilvánítás	55
9.	Irodalomjegyzék.....	56
10.	Függelék.....	58

1. Bevezetés

A repülés az elmúlt évtizedekben a közlekedés legnépszerűbb és legintenzívebb ütemben fejlődő területévé vált, amelynek alapvető oka, hogy minden más közlekedési eszköznél gyorsabb és biztonságosabb. A repülésmeteorológia kulcsfontosságú szerepet játszik a repülés biztonsága és költséghatékony tétele, valamint a repülőterek gazdaságos működésének területén.

A meteorológus ad tájékoztatást az időjárásról és annak megváltozásáról, amely alapján a repülőtér illetékes szervei fel tudnak készülni esetleges rendkívüli intézkedések végrehajtására, továbbá meteorológiai információval szolgál a hajózó személyzetnek a repülés tervezett útvonalára és a célrepülőtérré vonatkozóan, valamint ha ez szükséges, veszélyjelzést ad ki meglévő és várható időjárási eseményekre.

A fentebb vázoltak alapján elmondható, hogy az előrejelzések bevalásának vizsgálata a repülésmeteorológia egyik fontos területe (*Caesar*, 2007). A verifikáció egy eszköz, amely objektív visszaigazolást ad a prognózisok helyességéről, amely által fény derülhet az előrejelzések esetleges gyenge pontjaira, valamint segítségünkre lehet a fellépő szisztematikus hibák kiszűrésére (*Potor*, 2008). Az előrejelzők felé történő visszacsatolás mellett a verifikáció a felhasználók felé is tájékoztatást ad a prognózisok pontosságáról, továbbá minőségcélok formájában könnyen beépíthető egy minőségirányítási rendszerbe is. Ez utóbbit az *ICAO* (Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet) *Annex 3 2.2.2. pontja* ajánlasként fogalmazza meg a szerződő államok felé (*ICAO*, 2013).

A diplomamunka célja, hogy az ultrarövidtávú repülésmeteorológiai előrejelzések bevalásának vizsgálati módszertanát kialakítsa, bemutassa és a kidolgozott eljárással megvizsgálja a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren kívül további hét európai repülőtér előrejelzéseit. Munkánk során elvégeztük a rendszeresen kiadásra kerülő repülőtéri meteorológiai távirat, a METAR (*Meteorological Aviation Routine Report*) végén található tendenciaszerű előrejelzések (leszállási előrejelzés) verifikációs módszerének kialakítását – amelynek az *ICAO Annex 3. nemzetközi szabályozása* (2013) számos feltételt szab –, továbbá az így kapott eredmények értékelését és összehasonlítását. A leszállási előrejelzések adnak információt a repülőtértől egy repülőórányi távolságra, vagy azon belül közlekedő repülőgépek pilótáinak a megközelítendő repülőtér időjárásának két órán belüli szignifikáns változásáról (*Sándor és Wantuch*, 2005).

A dolgozat témájának aktualitását tükrözi, hogy Magyarországon ezen típusú előrejelzések verifikálása eddig semmilyen formában nem valósult meg, továbbá az ultrarövidtávú előrejelzések beválásáról általánosságban sincs egységes képünk.

A második fejezetben részletesen kifejtjük a verifikáció fontosságáról tanúskodó gondolatainkat, a verifikáció eredményeinek felhasználási lehetőségeit.

Ezek után a leszállási előrejelzéssel rokon TAF (*Terminal Aerodrom Forecast*) verifikációjáról szóló nemzetközi és hazai irodalmát tekintjük át, ugyanis a dolgozat témáját jelentő prognózistípus verifikálásáról nem érhető el szakirodalom.

A negyedik fejezetben kerül részletes bemutatásra a két alkalmazott verifikációs eljárás, a kategóriás verifikáció és az úgynevezett pontozásos módszer, amelyek előnyeit és hátrányait is ismertetjük.

Az ötödik fejezetben esettanulmányok kaptak helyet, amelyek segítségével egyszerűbben megérthetővé válik a pontozásos módszer alapelve.

A hatodik fejezetben ismertetjük az eredményeket, végül összefoglaljuk munkánkat.

2. Problémafelvetés

A repülőtéri előrejelzések bevalásának vizsgálata a bevezetésben említettek szerint három különböző szempont felől közelíthető meg (Mahringer, 2008):

1. A minőségirányítási rendszer tekintetében

Egy repülőtéri szolgáltatónak mindenekelőtt két fontos szempontot kell a középpontba helyezni tevékenységének végzése folyamán. Elsősorban az utasok biztonsága, másodsorban a repülés minél költséghatékonyabbá tétele és a repülőtér lehető leggazdaságosabb működése.

Az erre való törekvés elengedhetetlen követelménye a minőségirányítási rendszer (*QMS – Quality Management System*) felállítása, amelyben olyan célok kerülnek kitűzésre, amelyek elérését a szolgáltatónak normál körülmények között tudnia kell produkálni. Ahhoz, hogy a kitűzött célok elérését biztosítani tudják, a minőségirányítási rendszerbe különböző ellenőrző folyamatokat építenek be, amelyek eredményeivel a szolgáltatást végző személyzet egyfajta objektív képet kap tevékenységének hatékonyságáról. Ha ezek az eredmények nem felelnek meg a *QMS*-ben rögzített céloknak, akkor az *ISO9001* szabvány szerint úgynevezett helyesbítő tevékenységet kell végezni, ami végső soron a szolgáltatás vagy termék minőségének javítását eredményezi. Ez a folyamat az úgynevezett *PDCA* ciklus, amely mozaikszó az angol *Plan, Do, Check* és *Act* szavak kezdőbetűiből áll össze.

Természetesen nincs ez másképp a repülésmeteorológiai szolgáltatások terén sem. Egy repülésmeteorológus fő feladata, hogy időjárás-előrejelzéseket készítsen különböző felhasználók részére, ezért a *QMS* részét kell, hogy képezze a prognózisok bevalásának vizsgálata, amely a *PDCA* folyamat *Check* komponenseként jelentkezik. A leszállási előrejelzések terén tehát az általunk fejlesztett módszer alkotja az imént említett ellenőrző komponenst.

2. Információ a felhasználók felé

Az egyes előrejelzési produktumok, pl. a TAF vagy a leszállási előrejelzés, különböző információval szolgálnak a földi és a hajózó személyzetnek egyaránt, így ennek megfelelően az elvárások is mások a produktumok irányában. Míg a huszonnégy órás TAF

előrejelzés a földi személyzet, illetve a hajózók számára a repülési feladatra való felkészülést segíti, addig a kettő óra érvényességi időtartammal rendelkező leszállási előrejelzés felhasználója már a levegőben tartózkodó, a célrepülőteret éppen megközelíteni szándékozó hajózó személyzet. Ennek következtében utóbbi esetben a döntések nagyobb súllyal rendelkeznek, kiélezettebbek az utasbiztonság és a gazdaságosság szempontjából egyaránt. Ezt egy rövid példával illusztráljuk. Ha egy a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtérré tartó repülő pilótája a helyes leszállási előrejelzésben egyértelműen látja, hogy a sűrű köd miatt nem tudja végrehajtani a leszállást, és a látási viszonyok az elkövetkezendő két órában nem fognak javulni, akkor még időben dönthet úgy, hogy a gép kitérőre megy, nem száll le Budapesten. Emellett az illetékes légitársaság a pilóta intézkedésével párhuzamosan meg tudja szervezni az utasok hazaszállítását. Ezzel szemben, ha egy pontatlan leszállási előrejelzés a látási viszonyok javulását prognosztizálja, akkor az a döntés születhet, hogy a légi jármű várakozó légtérben várja meg a javulás beálltát, mert a kitérővel szemben sokkal költséghatékonyabb. Az előrejelzés pontatlansága miatt azonban az előrejelzett látásjavulás nem következik be, így csak ezen tény bizonyossá válása után dönt a pilóta a kitérő mellett, ami által a repülőgép jelentősen több üzemanyagot éget el, mint az első esetben.



1. ábra: Köd a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren, fotó: *Marjai Veronika.*
(*HungaroControl Zrt.*)

Egy további szempont, amely az előrejelzések minél pontosabb mivolta mellett szól, hogy ha ezek a produktumok a felhasználók szemében elvesztik a hitelüket, akkor a jó beválású esetekben sem alkalmazzák a prognózisokat.

3. Objektív értékelés az előrejelzőnek

Végül, de nem utolsó sorban az előrejelzések verifikációja objektív képet ad az előrejelzői munkáról. Választ kaphatunk olyan kérdésekre, hogy melyik előrejelzendő elem prognosztizálása jelenti a legkisebb problémát, vagy éppen mi az előrejelzések gyenge pontja, mire kell a jövőben nagyobb figyelmet fordítani a prognózis elkészítésekor.

Az imént leírtak felvetik az igényt arra vonatkozóan, hogy megismerjük a leszállási előrejelzések pontosságát, beválásának megbízhatóságát. Dolgozatom témájának aktualitását tükrözi, hogy Magyarországon az ultrarövidtávú, *nowcasting* típusú előrejelzések verifikálása eddig semmilyen formában nem történt meg.

3. Szakirodalmi áttekintés

A repülőtéri meteorológiai táviratok széles körben használt meteorológiai információként szolgálnak a repülés előre történő megtervezésében (Mahringer, 2008). A különféle előrejelzések eltérő felhasználóknak készülnek. A METAR és a SPECI (*Aviation Special Meteorological Report*) a repülőtér és közvetlen környezetének éppen aktuális időjárását írja le röviden, lényegre törően. A METAR táviratok kiegészülhetnek a dolgozat tárgyát képező ultrarövidtávú leszállási előrejelzésekkel, amelynek célja a repülőtértől egy órányi repülőtávolságon belül lévő repülőgépek és a helyi felhasználók tájékoztatása az elkövetkezendő két óra időjárásáról (Sándor és Wantuch, 2005). A kétség nélkül legismertebb előrejelzési céllal készülő távirat a TAF rövidtávú előrejelzés, amelynek érvényességi ideje a repülőtértől függően hat, kilenc, tizenkettő, tizennyolc, huszonnégy, valamint harminc óra lehet.

Kifejezetten a leszállási előrejelzés verifikálásának témájában nincs fellelhető publikáció, így a vele rokon TAF beválásának vizsgálatával foglalkozó hazai és nemzetközi szakirodalmat tekintettük át röviden. Ezen táviratoknak nem csak a kódolásuk, hanem verifikálási módszerük is megegyező: az úgynevezett kategóriás verifikációs séma használata ésszerű. A kategóriák határértékeinek meghatározása az ICAO erre vonatkozó ajánlása alapján történik (ICAO, 2013).

A legtöbb repüléssel kapcsolatos előrejelzéseket készítő meteorológiai szolgálat már az 1990-es évek első felében megkezdte a TAF-ok verifikációs rendszerének kidolgozását, amelyek alapját eleinte csak a fél óra rendszerességgel kiadásra kerülő METAR-ok adták (Balzer, 1995; Harris, 1998). Napjainkra azonban a legtöbb módszerben a METAR-ok mellett a SPECI (különleges időjárás-jelentő távirat) táviratok értékelése is jelen van, amelynek szerepe kétségtelenül jelentős a heves, ámde rövid ideig tartó időjárási események verifikálása szempontjából (Fuller, 2003; Kleupfel, 2005).

A verifikációt a horizontális irányú látástávolságra, szélre (szélirányra, szélességre, széllökésre – utóbbit a leszállási előrejelzésnél nem vesszük figyelembe), jelenidőre és a 4 oktánál nagyobb mennyiségű felhőzetre (az angol megfelelője *ceiling*) kell elvégezni (ICAO, 2013).

Balzer (1995) míg a szél sebességét és irányát, mint időben folytonos változókat együtt kezelve végzi a verifikációt, addig a szellőkés, a látástávolság, a jelenidő és a felhőzet tekintetében kategorikus módszert alkalmaz. *Kleupfel* (2005) valamennyi előrejelzendő elem esetén az ICAO által megadott kritikus értékek által definiált kategóriákba való sorolást végzi el, így a szélsébség és irány esetében is. *Mahringer* (2008) a jelenidő tekintetében a különböző csoportokba (**1. táblázat**) történő sorolás megközelítését alkalmazza, majd ezután 2-kategóriás kontingencia tábla szolgál a verifikáció alapjául (*Jolliffe és Stephenson*, 2003). Ha különböző kategóriájú jelenségek szerepelnek a METAR illetve TAF táviratokban, akkor az összehasonlításakor a magasabb sorszámú lesz a releváns.

1. táblázat: *Mahringer* (2008) által használt jelenidő csoportok.

Kat. №	Kat. neve	Időjárási jelenség
0	NSW	Az alább nem szereplő időjárási események (<i>No significant weather</i>)
1	FZFG	Zúzmarás köd
2	RA	Szitalás, eső és ezek bármely más csapadékkal való megjelenése
3	BLSN	Hófúvás (a talajmentén és a magasban)
4	SN	Hó és jég
5	FZRA	Ónos eső és ónos szitalás
6	TS	Zivatar, squall line, felhőtölcsér

A módszert nehezíti a különböző változásjelző csoportok (TEMPO, BECMG, stb.) használata. *Gordon* (1993) szerint a nehézséget az jelenti, hogy egy időpontra kettő vagy több előrejelzés valamelyike is adhat kifogástalan eredményt (pl. a TEMPO jelentése szerint az előrejelzett eseménynek valamikor az érvényességi időn belül kell bekövetkezni, de nem adjuk meg pontosan mikor, így adott időpontra vonatkozólag a perzisztencia prognózis és a tényleges előrejelzés is vonatkozik). Számos megoldás született a PROB, PROB TEMPO (ICAO (2013) alapján az előbbi kettő változásjelző a leszállási előrejelzésben nem szerepelhet) és a TEMPO változásjelző csoportok kezelésére (*Balzer*, 1995; *Harris*, 1998; *Fuller*, 2003). *Mahringer* (2008) a TEMPO definíciója alapján kimondja, hogy az előrejelzés nem lehet teljes értékű, ha egy TEMPO-zott esemény összességében hosszabb ideig fordul elő, mint az előrejelzés időtartamának fele. Az AustroControl módszere alapján BECMG változásjelző esetén az előrejelzett és a perzisztencia esemény is lehet helyes egészen az érvényességi időtartam utolsó táviratáig, ugyanis ha a változás addig nem történt meg, akkor meg kell történnie (*Mahringer*, 2008). Továbbá BECMG esetén *Harris* (1998) – a UK MetOffice gyakorlata szerint – átmeneti

értékeket is definiál az előrejelzés kezdő és végpontja közötti időpontokban. *Balzer* (1995), *Fuller* (2003) valamint *Wantuch* (2008) akkor tekinti jónak az előrejelzést, ha a megfigyelés az alap és a főprognózis (lásd **4.3.2. fejezet**) által határolt tartományba esik.

Magyarországon is verifikálják a kilenc és huszonnégy órás érvényességi idővel bíró TAF-okat. *Wantuch* (2008) készítette el azt az automatizált verifikációs módszert, amit napjainkban a Magyar Honvédség és a Máltai Meteorológiai Szolgálat (*MIA*) egyaránt operatíván alkalmaz. Az eljárás alapvetően a szélirány, szélesség, szélsebesség és a látástávolság előrejelzésének bevalásának vizsgálatára lett kifejlesztve, a felhőzet és jelenidő verifikációjára nem tartalmaz konkrét algoritmust, de az igazán veszélyes jelenségek szigorúan kiszűrésre kerülnek. *Cumulonimbus* felhőzet jelenléte, illetve zivatar, ónos jellegű csapadék, havazás előfordulása esetén az előrejelzés bevalása 0%-os lesz, ha nem prognosztizálták.

Az előbbi verifikációs sémát 2010-ig az Országos Meteorológiai Szolgálat is használta, amikor új, a TAF-ban szereplő valamennyi előrejelzendő elemre kiterjedő eljárást dolgoztak ki (*Sándor és Bozó*, 2011). A módszer a TAF érvényességi ideje alatt kiadott METAR-ok vizsgálatán alapul (*Üveges*, 2010), a SPECI távirat nincs figyelembe véve. Az egyes előrejelzendő elemeket tekintve, a szél iránya, sebessége és a lökés, a látástávolság, a jelenidő és a legalacsonyabb, négy oktánál nagyobb mennyiségű felhőzet kerül verifikálásra. A jelenidő kivételével a módszer egyfajta pontozásos rendszeren nyugszik, míg a jelenidő esetén kontingenciatáblán alapuló, kategóriás verifikáció készül. Az átfogó elemző eljárás a négy elemre vonatkozóan havi, valamint éves rendszerességgel kerül kiértékelésre. BECMG esetén *Balzer* (1995), *Fuller* (2003) valamint *Wantuch* (2008) nyomán az alap- és főprognózis által szabott határokon belüli előrejelzett értékek számítanak jó prognózisnak.

Az imént leírtak is szemléltetik, hogy nincs egy egységesen elfogadott, jó verifikációs módszer, hazánkban is eltérő módszerekkel végzik a prognózisok bevalásának ellenőrzését. Emiatt nehéz a különböző repülőterek eredményeit összehasonlítani, tehát csak az vezethet eredményre, ha egyfajta verifikációs módszer több repülőterre vonatkozó eredményeit vizsgáljuk.

4. A verifikációs módszer

4.1. A leszállási előrejelzésről

Az ultrarövidtávú leszállási előrejelzést az adott repülőtér rutin meteorológiai célú jelentéseinek végén találhatjuk. Ennek célja, hogy a repülőtértől egy repülőórányi távolságra, vagy azon belül közlekedő repülőgépeket tájékoztassa a repülőtér időjárásának két órán belüli szignifikáns változásáról. A leszállási előrejelzéseknek jelezniük kell a 10 méteren mért szél, a látástávolság, az aktuális időjárási jelenségek (továbbiakban jelenidő) és a felhőzet vonatkozásában végbemenő jelentős változásokat.

Az ICAO (Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet) létrehozását szentesítő *Chicagói Egyezmény 3. melléklete (Annex 3)* szabályozza a nemzetközi polgári légiközlekedést kiszolgáló meteorológiai szolgáltatások rendjét. Ez a szabályozás részletesen kitér a leszállási előrejelzésekre, amelyeket az alábbi feltételek teljesülése esetén kell kiadni.

- Szél esetén:
 - a) a közepes szélirány 60 fokos vagy nagyobb változásakor, amikor a közepes szélesség a változás előtt és/vagy után 10 csomó vagy több,
 - b) a közepes szélesség 10 csomó értékű vagy ennél nagyobb változásakor;
 - c) üzemelési szempontból lényeges értékeket meghaladó szélváltozások esetén. A küszöbértékeket a meteorológiai hatóságnak kell meghatározni az érintett üzemeltetőkkel konzultálva, figyelembe véve azokat a szélváltozásokat, amelyek:
 - 1.) a használatos futópálya (futópályák) megváltoztatását szükségessé teszik;
 - 2.) által a futópálya hátszél és oldalszél összetevői a repülőtéren üzemelő tipikus légi járművek számára megállapított főbb üzemelési határértéket meghaladják.
- Látástávolság esetén, ha ez a jelentés kiadása utáni két órában javul vagy romlik és a 150, 350, 600, 800, 1500, 3000, vagy 5000 méteres értékek közül legalább egyet átlép. A látástávolság romlása esetén az azt okozó jelenséget is meg kell jelölni.
- Jelenidő esetében, ha a következő időjárási események valamelyike várhatóan bekövetkezik: ónos csapadék, mérsékelt vagy intenzív csapadék, zúzmarás köd, párásság, köd (akár sekély, akár foltokban, akár csak részlegesen található meg a

repülőtér területén), alacsonyszintű por-, homok-, hófúvás, por-, homok-, hófúvás, por-, homok-, hóihar, zivatar (csapadékkal vagy anélkül), szélroham, felhőtölcsér. Minden más időjárási jelenség a leszállási előrejelzés szempontjából nem számít szignifikánsnak. Az előrejelzésekben NSW-vel (*no significant weather*) jelöljük, amennyiben az előbbiekből egy jelenség megszűnik.

- Jelezni kell, ha OVC („*overcast*” = 8 okta) vagy BKN („*broken*” = 5–7 okta) mennyiségű felhőzet átlépi a következő magassági szinteket: 100, 200, 500, 1000 és 1500 láb (30, 60, 150, 300 és 450 m), továbbá fel kell tüntetni, ha 1500 láb alatt a felhőzet FEW („*few*” = 1–2 okta) vagy SCT („*scattered*” = 3–4 okta) mennyiségről BKN-re vagy OVC-re növekszik, vagy BKN/OVC-ről FEW/SCT-re csökken. Amennyiben a prognózis érvényességi időtartama alatt a szignifikáns felhőzet megszűnik, és a „CAVOK” nem használható, akkor az „NSC” rövidítést kell alkalmazni.

A verifikációs módszer részletes bemutatásához elengedhetetlen a leszállási előrejelzésben használt változásjelző csoportok megismerése. NOSIG-ot adunk akkor, ha a következő két órában nem várható szignifikáns változás az aktuális időjáráshoz képest, tehát a fenti feltételek közül várhatóan egy sem teljesül. BECMG („*becoming*”) változásjelzőt alkalmazunk, ha az időjárási körülmények szabályos, vagy szabálytalan ütemben várhatóan elérnek, vagy átlépnek meghatározott értékeket a két órás időszak végéig. A TEMPO („*temporarily*”) változásjelzőt akkor kell használni, ha az adott állapot az érvényességi időtartamán belül szabálytalanul lép fel, de összességében annak felénél – egy óránál – nem tovább.

A verifikációs módszer alapjául a leszállási előrejelzés elkészülte utáni két órában kiadott METAR és az ezzel megegyező formátumú SPECI aktuális időjárást jelentő táviratok szolgálnak. A következőkben röviden bemutatjuk az imént említett repülőtéri jelentések szerkezetét, amelyet az *ICAO Annex 3* szigorúan szabályoz.

4.2. A verifikáció alapjául szolgáló repülőtéri táviratokról röviden

4.2.1. A METAR

A nagyobb nemzetközi repülőtereken a nap huszonnégy órájában kell rendszeres méréseket és megfigyeléseket végezni. A METAR (*Meteorological Aviation Routine Report*) az a rendszeres, repülésre vonatkozó aktuális időjárást megadó kód, amelyet óránként, vagy félóránként adnak ki.

A táviratnak tartalmaznia kell az aktuális időjárást jelentő főrészeiben:

- a repülőtér négybetűs *ICAO* azonosítóját,
- a kiadás dátumának napját és annak időpontját egyezményes világidőben (UTC),
- a talajszél irányát fokban és sebességét csomóban vagy m/s-ban és a széllokkést,
- a látástávolságot (méterben),
- a futópálya menti látástávolságot (RVR), ha ez rendelkezésre áll,
- az aktuális időjárást az *ICAO Annex 3*-ban szabályozott kódok formájában,
- a felhőzet mennyiségét, alapjának magasságát és fajtáját (TCU – tornyos gomoly – és CB – zivatarfelhő – esetében) vagy a függőleges látástávolságot, ahol ezt mérik,
- a hőmérsékletet és harmatpontot,
- a tengerszintre átszámított QNH légnyomás értékét, valamint további kiegészítő információkat. Az utóbbira példa a pályaállapot vagy a szélnyírás.

Ezeket felül tartalmazza a – dolgozat témáját is adó – leszállási előrejelzést.

4.2.2. A SPECI

Ha két METAR kiadása közötti intervallumban a repülőtér üzemeltetését alapvetően befolyásoló időjárási jelenség lép fel, SPECI (*Aviation Special Meteorological Report*) táviratot kell kiadni, ami felülírja az épp aktuális időjárás-jelentő távirat tartalmát, és a következő METAR kiadásáig, vagy újabb szignifikáns változás bekövetkezéséig érvényes. A SPECI kiadásának kritériumait lásd a *Függelék F1. fejezetében*.

4.3. A verifikáció

A dolgozatban két, különböző verifikációs eljárást alkalmaztunk a leszállási előrejelzések beválásának vizsgálatához. Míg az első módszer a széles körben elterjedt kontingencia táblán alapul, addig a második módszer egy pontozásos eljárás, amelyek részletes bemutatására a **4.3.1.** és **4.3.2. fejezetekben** kerül sor. Ha arra szeretnénk választ kapni, hogy hosszabb időszak alatt milyen volt a prognózisok beválásának aránya, akkor a pontozásos módszer mellett a kontingencia tábla (lásd **2. táblázat**) különböző értékeiből származtatott verifikációs mérőszámok értékeinek vizsgálata is eredményhez vezet. A verifikáció előrejelzőknek adott objektív visszajelzése akkor lehet igazán eredményes, ha a prognózis érvényességi időtartamának letelte után lehetőség szerint minél rövidebb időn belül rendelkezésre áll egy, az előrejelzés minőségét jelző "jósági mérőszám". Ebből

adódik a pontozásos módszer egy nagy előnye a kategóriás verifikációval szemben, amely egy produktumra nem ad információt.

4.3.1. A kategóriás verifikáció

Számos olyan meteorológiai jelenséget ismerünk, amelynek mivolta két lehetséges állapotot vehet fel: van vagy nincs. Ugyanígy ezen események legegyszerűbb prognózisa: lesz vagy nem lesz. Így a jelenség és előrejelzése között négyféle kimenetel lehetséges, amelyeket a 2-kategóriás kontingencia tábla (**2. táblázat**) ír le (Mason, 2003). Ekkor két út vezethet a prognózis jóságához (*hit* – a és *correct rejection* – d) és további két út annak hibás voltához (*false alarm* – b és *miss* – c).

A kontingencia tábla értékeiből számított verifikációs mérőszámok (*score*-ok és *skill score*-ok) mindegyike lényeges információval bír, de egyetlen számként az előrejelzés jóságát nem tudják minden tekintetben jellemezni (Jolliffe és Stephenson, 2003). Az általunk használt, fontosabb mérőszámok kiszámítási módja a **3. táblázatban** látható.

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

Előrejelzés	Megfigyelés		Σ
	Igen	Nem	
Igen	a	b	$a + b$
Nem	c	d	$c + d$
Σ	$a + c$	$b + d$	$n = a + b + c + d$

Minden esetben előállítottuk a *Heidke skill score* (*HSS*) értékeket, ugyanis ez a kategorikus előrejelzések verifikációja során az egyik legszélesebb körben alkalmazott *skill score*, amelynek egyik oka, hogy kiszűri a véletlenszerű eseményeket (Nurmi, 2003). Emellett további előnye, hogy ritka események verifikációjára is alkalmas (Doswell, 1990). Ha a $HSS > 0$, akkor azon esetek számának aránya kisebb, amikor az esemény előre volt jelezve, de nem következett be, mint amikor előre volt jelezve és be is következett. Amennyiben a $HSS = 0$, az előrejelzéseknek nincs valós információ tartalma, véletlen prognózisról beszélünk. Ha a HSS értéke 1, akkor az előrejelzések tökéletesek.

A kategóriás verifikációt az alábbi látástávolság értékekre végeztük el:

- a horizontális látástávolság kisebb, mint 800 m,
- a horizontális látástávolság kisebb vagy egyenlő, mint 600 m,
- a horizontális látástávolság kisebb, mint 400 m.

A fenti látástávolságok a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtér bizonyos működési fázisai (Felkészülési, valamint LVP1 és LVP2 fázis) elrendelésének kritikus értékei.

A verifikáció az alábbi jelenidő típusokra is elkészült:

- köd, párásság
- ónos csapadék, havazás
- zivatar.

A módszer ködre év zivatarra vonatkozó eredményei a **6.1. fejezetben** olvashatóak.

3. táblázat: Verifikációs mérőszámok és kiszámítási módjuk (Jolliffe és Stephenson, 2003).

Verifikációs mérőszám	Kiszámítási mód
Bias	$Bias = (a + b) / (a + c)$
Hit rate (probability of detection)	$H = POD = a / (a + c)$
False alarm ratio	$FAR = b / (a + b)$
Feltételes valószínűség, amellyel hogy	
az eseményt előrejelezték (success rate)	$p(E | forecast) = SR = a / (a + b)$
az eseményt nem jelezték előre	$p(E | not forecast) = c / (c + d)$
Heidke skill score	$HSS = 2 \cdot (a \cdot d - b \cdot c) / [(a + c) \cdot (c + d) + (a + b) \cdot (b + d)]$

A leszállási előrejelzések szempontjából a kategóriás verifikáció hátránya, hogy a prognózis két órás érvényességi idején belül az időbeli pontosságot nem vettük figyelembe. Ez a hiányosság a pontozásos módszer egyidejű alkalmazásával kiküszöbölhető, ugyanis erre a következő fejezetben bemutatott módszer rendkívül érzékeny.

4.3.2. A pontozásos módszer részletes bemutatása

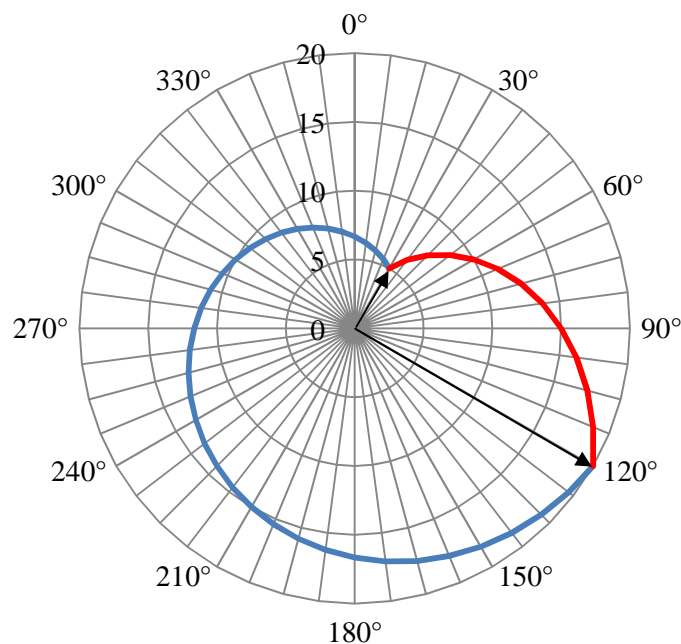
Az adatbázisban jelen levő minden leszállási előrejelzéshez kigyűjtjük a kiadását követő két órában készült METAR és SPECI táviratokat, amikből kinyerjük a leszállási előrejelzés szempontjából fontos adatokat (lásd **4.1. fejezet**). Ezeket az előrejelzett értékeket és jelenségeket minden esetben összevetjük az egyes időpontokra vonatkozó megfigyelt értékekkel és jelenségekkel, majd az egyezésnek megfelelően lepontozzuk őket.

A verifikáció első lépéseként legalább három adatsort kell feltölteni, a megfigyelést, az úgynevezett alapprognózist és a főprognózist. A könnyebb érthetőség kedvéért, a továbbiakban – az informatika szakterminológiáját használva – nevezzük ezeket tömböknek.

A megfigyelési tömbben (*obs* – *observation*) az adott leszállási előrejelzés kiadása utáni két órában készült jelentések főrészében (az aktuális időjárást jelentő részében) leírt értékeket, jelenségeket tároljuk.

Maga az előrejelzés a benne szereplő változásjelző csoportoknak megfelelően egy (NOSIG esetén), illetve kettő (TEMPO esetén) állapotot jelenthet. Ezen eshetőségeket az alap- és a főprognózis tömbjében tároljuk (*fcst* és *fcst_base* – *forecast*).

BECMG esetén azt mondjuk, hogy az időjárás változása legalább a második óra végére bekövetkezik, de nem tudjuk mikor, ezért az alapprognózis értékeit az utolsó kivételével feltöltjük azon METAR főrészében található értékeivel, amelyhez a vizsgált előrejelzés tartozik, a tömb utolsó helyére pedig a BECMG után szereplő érték kerül. A főprognózis a leszállási előrejelzésben szereplő értékkel kerül feltöltésre, ugyanis az előrejelzés kiadása után akár rögtön megtörténhet a prognosztizált változás. Az BECMG változásjelző mögött fellépő, időben folytonos változók, a látástávolság és a szél esetén a már ismertetett két előrejelzési tömb mellett előállítottuk az előrejelzési időszakon belüli lineáris változásukat is (Harris, 1998), ugyanis a BECMG egy folytonos változást jellemezz. A szél esetében a lineáris változás leírása két okból is összetettebb feladat, mint a látástávolság esetén.



2. ábra: A szél irányának lehetséges változásai az előrejelzett sebesség elérése közben. Az ábrán 30°-ról fújó 5 csomós szél 120°-os 20 csomós szellé történő erősödése látható.

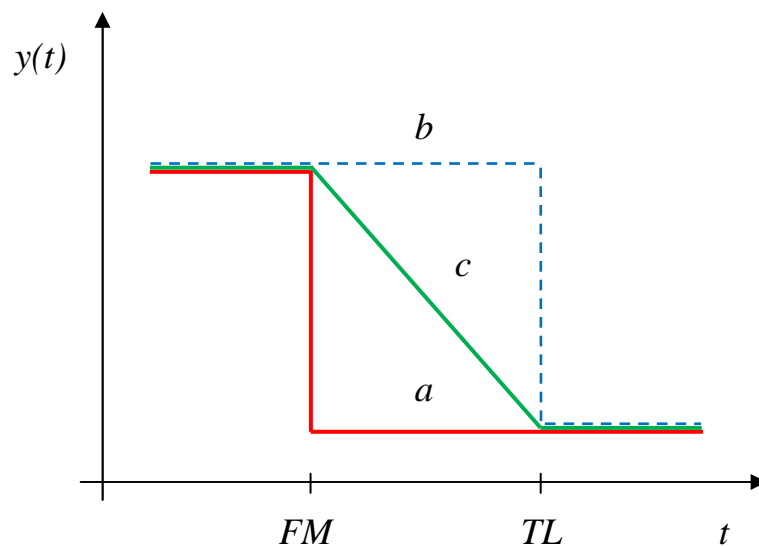
Az első ok, ami a szél változásának figyelembevételét összetetté teszi, hogy két irányba egyaránt fordulhat – az óramutató járásával egyező és ellentétes módon –, miközben eléri az előrejelzett sebességet (**2. ábra**). Természetesen a lehetséges szélirányváltozások

mindegyikét figyelembe vesszük. A második, hogy a szél az irány mellett sebességgel is rendelkezik, így mindkét tulajdonság lineáris változását figyelembe kell venni. Felmerülhet a kérdés, hogy a változó irányú szél (VRB) változását miként kezeljük. Ebben az esetben a következők szerint jártunk el.

- Amennyiben a METAR főrészében és a leszállási előrejelzésben található szél iránya is VRB, akkor a lineáris változást csak a szélesebességre számítunk, a szélirány minden esetben VRB lesz.
- Ha a METAR főrészében, vagy a leszállási előrejelzésben van nem VRB irányú szél, akkor a szélesebesség lineárisan változik, az irányt pedig minden esetben a nem változó irányú szél iránya adja.

A tömbök feltöltése analóg módon történik a TEMPO változásjelző esetén is azzal a kivétellel, hogy az alapprognózis utolsó eleme is a leszállási előrejelzéshez tartozó METAR főrészében található látástávolság érték lesz, ugyanis a TEMPO definíciójából adódóan nem kell, hogy az időszak végén a TEMPO-zott érték, jelenség következzen be.

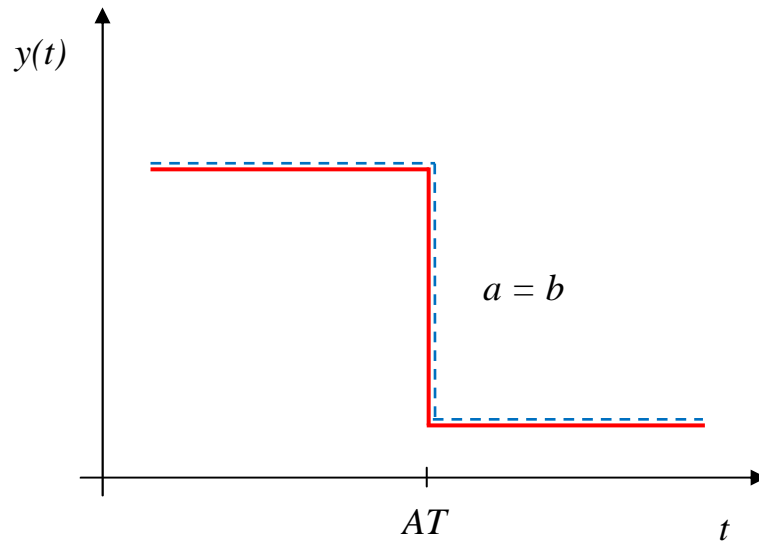
Bonyolódik az eljárás, ha a változásjelző után FM („from”) és/vagy TL („till”) időintervallumot, vagy AT („at”) időpontot jelző szavacsák állnak, ekkor változik a tömbök feltöltésének módja.



3. **ábra:** A fő- (a), az alapprognózis (b) és a lineáris változás (c) BECMG FM és TL esetén.

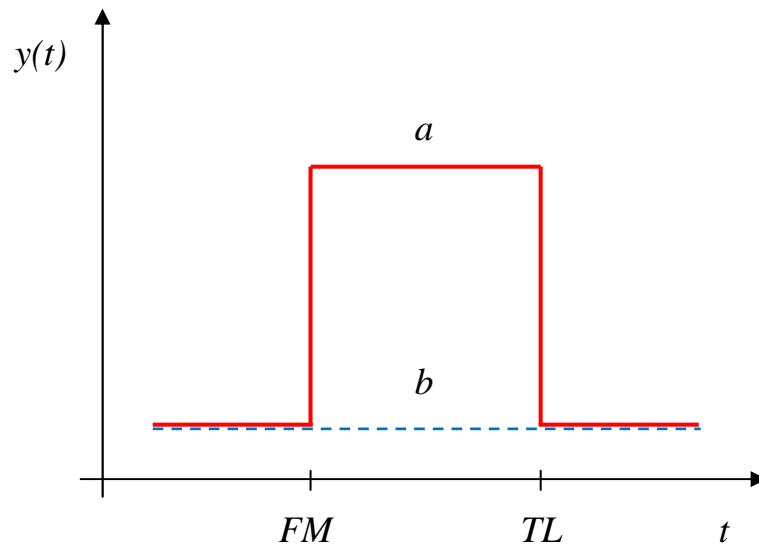
BECMG esetén, ha FM van a leszállási előrejelzésben, akkor az időjárás változása csak az FM után álló időponttól kezdődhet, azaz a főprognózis az említett időpontig a METAR főrészében található értékekkel és jelenségekkel lehet feltöltve. Ha TL van az előrejelzésben, akkor a változásnak a megadott időpontig be kell fejeződnie, tehát az

alapprognózis a szóban forgó időpont után a leszállási előrejelzésben előrejelzett eseményt tartalmazhatja (3. ábra).



4. ábra: A fő- (a) és az alapprognózis (b) BECMG AT esetén.

Végül, ha AT található a leszállási előrejelzésben, akkor az előrejelzést tartalmazó tömbök mindegyike az adott időpont előtt a METAR főrészében, az adott időpont után pedig a leszállási előrejelzésben kódolt értéket, valamint eseményt tartalmazhatja (4. ábra).



5. ábra: A fő- (a) és az alapprognózis (b) TEMPO FM és TL esetén.

TEMPO esetén, ha FM van az előrejelzésben, akkor a BECMG-hoz hasonlóan csak az FM után álló időponttól kezdődhet meg az időjárás időszakos változása és tarthat az érvényességi időszak végéig. Ha TL van a leszállási előrejelzésben, akkor az ezután álló időpontig történhet időszakos változás, majd a főprognózis visszaáll a METAR főrészében jelentett állapotba (5. ábra).

A leszállási előrejelzésben szereplő NOSIG minden, az előrejelzés utáni két órában megjelenő időjárást-jelentő távirat időpontjában a perzisztencia prognózist jelenti, így ez esetben az előrejelzési tömbök minden eleme a prognózis megjelenésének időpontjában kiadott METAR főrészében szereplő értékeket, illetve jelenségeket tartalmazza.

A módszert a következő eseten mutatjuk be:

Az alábbi METAR kiadásának helye és időpontja: Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtér (ICAO azonosító: LHBP), 2013. június 10. 13:30 UTC:

METAR LHBP 010400Z 35005KT **6000** NSC M06/M06 Q1025 TEMPO **FM0500 4000** BR

Az ezt követő két órában az alábbi táviratok kerültek kiadásra:

METAR LHBP 010430Z VRB01KT **6000** NSC M06/M07 Q1025 TEMPO FM0500 4000 BR

METAR LHBP 010500Z 00000KT **5000** BR NSC M06/M07 Q1025 TEMPO 4000 BR

METAR LHBP 010530Z 00000KT **5000** BR NSC M06/M07 Q1025 TEMPO 4000 BR

METAR LHBP 010600Z VRB01KT **3500** BR NSC M07/M07 Q1026 TEMPO 3000 BR

Az előbbi METAR-ok alapján az előrejelzést reprezentáló tömbök a látástávolság esetén az alább látható módon kerülnek feltöltésre (**4. táblázat**):

4. táblázat: Példa a három tömb feltöltésére a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren 2013. június 10-én a 13:30 UTC-kor és az ezt követő két órában kiadott METAR-ok alapján.

UTC	obs	fcst_base	fcst
04:30 UTC	6000	6000	6000
05:00 UTC	5000	6000	4000
05:30 UTC	5000	6000	4000
06:00 UTC	3500	6000	4000

Miután az előzőekben bemutatott módon feltöltöttük az előrejelzési tömböket, mind a szél, mind a látástávolság, mind a jelenidő és felhőzet esetén, ezek elemeit összevetjük a megfigyelési tömb elemeivel, amelyeket az adott időpontokban páronként leponozunk (a pontozási eljárások a **4.3.2.1.–4.3.2.4. fejezetekben** olvashatók). Ezek után minden időpontban a pontok közül a jobbat vesszük figyelembe, amelyek összeadása után a két órában kiadott táviratok számával leosztva megkapjuk egy-egy előrejelzendő elem végső pontszámát. Mind a négy vizsgált elem esetén hasonlóan járunk el. A leszállási előrejelzés végső pontszámát a négy előrejelzendő elem pontjainak összege adja.

További vizsgálatot igényel, hogy az előrejelzésben szereplő TEMPO változásjelző esetén a prognosztizált érték vagy jelenség nem fordul-e elő egy óránál, vagy az időszak felénél hosszabb ideig (Mahringer, 2008). Ez a négy tulajdonság esetén különböző módon történik, a következőkben kerülnek bemutatásra.

4.3.2.1. Pontozás a szél esetén

A **4.1. fejezetben** leírtak alapján kettő, a táviratokban kódolt szélcsoport egy kategóriába esik, ha:

1. a két szélsébség 10 csomó (5 m/s) alatti,
2. valamelyik szélsébség eléri a 10 csomót (5 m/s), vagy afeletti, a másik szélsébség 10 csomó alatti, és irányuk különbsége 60° -nál kisebb, valamint a szélsébségek különbségének abszolút értéke 10 csomónál kisebb,
3. a szélsébségek különbsége 10 csomó (5 m/s) alatti.

A verifikációt végző algoritmus a szél kategorizálásának vizsgálatát rendre az imént felírt sorrendben végzi. Abban az esetben, ha valamelyik szélcsoport esetén (vagy akár mindkettőben) a szélirány változónak lett kódolva, a szélsébségre vonatkozó kritériumok vizsgálандók, ugyanis a VRB kódolás jelentése alapján a szél irányának változása biztosan több mint 60° (ICAO, 2013).

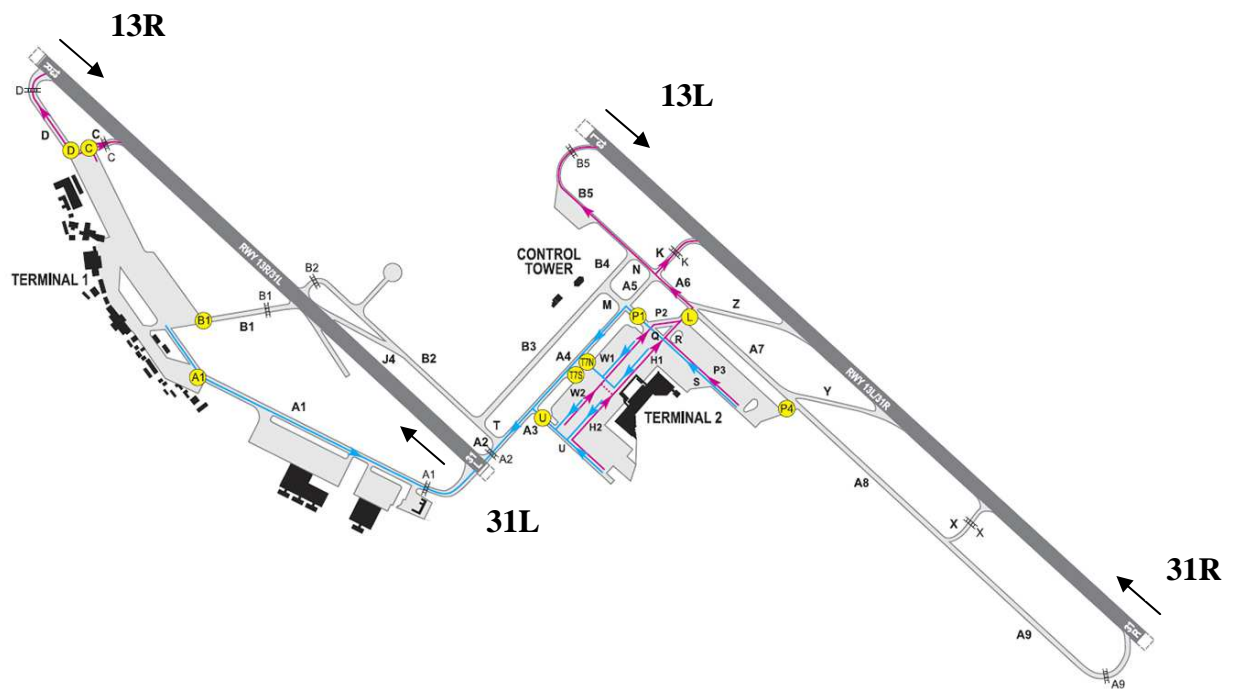
A leszállási előrejelzés kiadásának kritériumai szerint a METAR távirat főrészében található szélhez képesti megváltozást kell vizsgálni. A megfigyelés és az előrejelzés esetén a prognózis kiadásakor készült METAR táviratban kódolt szél szerint megállapítjuk kategóriáik sorszámát. Ha a megfigyelt és az előrejelzett szél kategóriája megegyezik, a prognózis egy pontot ér, egyébként nullát.

Ha a leszállási előrejelzés TEMPO változásjelzőt tartalmaz és a TEMPO-zott időszakban összességében az időszak felénél tovább fordul elő a prognosztizált szél kategóriája, akkor a TEMPO változásjelző helytelenül került kiválasztásra, ezért az összesített pontszámot 0,75-tel szorozzuk meg (lásd **4.3.2. fejezet**).

Miután elvégeztük a leszállási előrejelzés kiértékelését, megvizsgáljuk, hogy a repülőtér üzemeltetés szempontjából is helyén való volt-e a prognózis. A Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren a következőkben leírtak szerint történik a pályairány váltása, ha azt a szél irányának és sebességének változása idézi elő (Takács, 2010).

Amikor a 31-es pályairányhoz (**6. ábra**) tartozó hátszél összetevő, beleértve a széllökéseket is, meghaladja az 5 csomós határértéket, az aktuálisan toronyban szolgálatot

teljesítő légiforgalom-irányítók vezetőjének (*tower supervisor*) konzultálnia kell a *HungaroControl Zrt.* Repülésmeteorológiai részlegével. Ha ez megerősíti és a forgalmi helyzet is alátámasztja (pilóták szóbeli visszajelzése) a váltás igényét, akkor meg kell kezdeni az átállást 13-as pályairányra. Akkor lehet visszaállni, ha a 31-es pályairányra vonatkoztatott hátszélkomponens értéke legalább egy óra időtartam alatt folyamatosan 5 csomónál kisebb, valamint a Repülésmeteorológiai részleg is ezt a tendenciát támasztja alá. Mivel a repülőtér futópályái párhuzamos elhelyezkedésűek, így az oldalszél komponens nem szempont a használatos pályairány kijelölésekor.



6. ábra: A Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren használt pályairányok.

[1 – *AIRportal.hu*]

Mindezek alapján az összes tömb szélcsoportjaihoz megállapítjuk a hozzájuk tartozó pályairányt. Ha a pályairány előrejelzése 13-as valós pályairány esetén – az esetleges ingadozások figyelmen kívül hagyása érdekében – legalább fél órán át, 31-es valós pályairány esetén egy órán át hibás, a szélprognózis 0 pontot ér.

4.3.2.2. Pontozás látástávolság esetén

Leszállási előrejelzést kell kiadni, ha az elkövetkezendő két órás időszakban a látástávolság a **4.1. fejezetben** leírt kritikus értékek közül várhatóan legalább egyet átlép. Ezek alapján a látástávolság értékeit nyolc kategóriába sorolhatjuk, amelyek intervallumai a következők: [0,150), [150,350), [350,600), [600,800), [800,1500), [1500,3000),

[3000,5000), [5000,9999] (ugyanis a 10 km és afeletti látástávolság mind a táviratokban, mind a leszállási előrejelzésben 9999-ként szerepel). Szemléletesen azt lehet mondani, hogy akkor kell leszállási előrejelzést kiadni, ha a látástávolság várhatólag „kategóriát ugrik”. Ha a táviratban vagy az előrejelzésben CAVOK szerepel, az ICAO erre vonatkozó szabályzata értelmében a látástávolság 10 km, vagy afeletti, így a 8. kategóriába sorolandó. Miután a megfigyelt látástávolság értékeket az előrejelzett értékkel együtt az imént definiált kategóriákba soroljuk, megvizsgáljuk, hogy azonos kategóriába esnek-e. Ha igen, az előrejelzés egy pontot ér, ha nem, nullát.

Ha a leszállási előrejelzés TEMPO változásjelzőt tartalmaz és az előrejelzett látástávolság kategóriája a TEMPO-zott időszakban összességében az időszak felénél tovább fordul elő, akkor a TEMPO változásjelző helytelenül került kiválasztásra, ezért az **4.3.2. fejezetben** leírtak szerinti összesített pontszámot 0,75-tel szorozzuk meg.

4.3.2.3. Pontozás jelenidő esetén

A jelenidő verifikálását nehezíti, hogy a METAR jelentésekben és az ezek végén kiadott leszállási előrejelzésekben egyaránt három-három jelenidő kód is megadható. A leszállási előrejelzésben csak a korábban felsorolt időjárási jelenség kategóriákba (lásd **4.1. fejezet**) tartozó jelenségek várható bekövetkezését, illetve ezek megszűnését kell feltüntetni. A pontozás a következőképpen alakul.

5. táblázat: A jelenidő pontozásához használt hasonlósági mátrix részlete.

	...	+SNRA	SNRA	+RASN	RASN	+SHRA	SHRA	...
...	1	...	...	...	...	...	...	...
+SNRA	...	1	0,8	0,5	0,25	0	0	...
SNRA	...	0,8	1	0,25	0,5	0	0	...
+RASN	...	0,5	0,25	1	0,8	0,4	0,2	...
RASN	...	0,25	0,5	0,8	1	0,2	0,4	...
+SHRA	...	0	0	0,4	0,2	1	0,8	...
SHRA	...	0	0	0,2	0,4	0,8	1	...
...	...	...	...	...	...	...	...	1

Legyen az előrejelzett és a megfigyelt időjárás rendre SQ FC TSRAGR (zivatar heves záporosóvel és jégesóvel, valamint szélroham és tölcsérfelhő) és SQ TSRA (zivatar mérsékelt esóvel és szélrohammal). Ekkor a prognosztizált időjárás minden elemét (jelen

esetben: SQ, FC, +TSRAGR) külön-külön összevetjük az észlelt időjárás minden elemével (jelen esetben: SQ, TSRA), majd páronként pontozzuk őket. A pontozás egy hasonlósági mátrix alapján történik, amelynek egy részlete az **5. táblázatban** látható (a teljes táblázatot lásd a **Függelékben**). Ezek után kiválasztjuk a prognosztizált jelenidőkhöz tartozó pontszámok közül a maximálisat, majd ezeket összeadjuk és elosztjuk a megfigyelt és előrejelzett jelenidők száma közül a nagyobbal.

A fenti példa esetén:

- SQ-SQ: 1 pont, SQ-TSRA: 0 pont → 1 pont
- FC-SQ: 0 pont, FC-TSRA: 0 pont → 0 pont
- +TSRAGR-SQ: 0 pont, +TSRAGR-TSRA: 0,5 pont → 0,5 pont

A végső pontszám tehát $(1 + 0 + 0,5) / 3 = 0,5$ pont.

Amennyiben a leszállási előrejelzés TEMPO változásjelzőt tartalmaz, valamint ha a prognosztizált jelenidők közül legalább egy a TEMPO-zott időszakban az időszak felénél hosszabb ideig fordul elő, akkor az **4.3.2. fejezetben** leírtak szerinti összesített pontszámot 0,75-tel szorozzuk meg.

4.3.2.4. Pontozás felhőzet esetén

A jelenidőhöz hasonlóan, a felhőzet egy METAR táviratban, valamint a leszállási előrejelzésben akár három tagból is állhat. A **4.1. fejezetben** látottak szerint kategóriákba soroljuk a felhőzetet leíró csoport minden tagját a következők szerint.

A leszállási előrejelzés szempontjából lényegtelen, hogy a felhővel való borítottság mértéke FEW vagy SCT, valamint BKN vagy OVC, így a felhőzet mennyiség alapján két csoportba osztható: I. (FEW és SCT) és II. (BKN és OVC). Magasság szerint a következő hat kategória valamelyikébe sorolandó: ha a felhőalap magassága [0,100) láb között van, a kategória sorszáma 1., ha [100,200) között 2., ha [200,500) között 3., ha [500,1000) között 4., ha [1000,1500) között 5., és 1500 láb felett 6. Az imént leírtak a **7. ábrán** láthatók. Az NSC, valamint az SKC (2008. november 5. előtt volt használatban) a szignifikáns felhőzet hiányára utal (ICAO, 2013), így az I/6. kategóriába kerül beosztásba. Miután az előrejelzésben és a megfigyelésben található felhőzeti csoportból kiválasztjuk az I. és II. kategóriába tartozó legalacsonyabb felhőzetet, a fent leírt módon magasság szerint is kategóriákba soroljuk. Ezek után az így kapott felhőzetek (megfigyelés és előrejelzés) minden tagját a jelenidőhöz hasonlóan, páronként pontozzuk.

I/6.	II/6. 1500'
I/5.	II/5. 1000'
I/4.	II/4. 500'
I/3.	II/3. 200'
I/2.	II/2. 100'
I/1.	II/1. 0'

7. *ábra*: A felhőzet mennyisége és magassága alapján létrehozott kategóriák.

A pontozás a következőképpen folyik:

1. ha az összehasonlított két felhőzet alapjának magassága 1500 láb feletti, akkor az előrejelzés 1 pontot ér,
2. ha mindkettő felhőzet mennyiség szerint az I. csoportba sorolható, akkor a prognózis 1 pontot ér,
3. ha mindkettő felhőzet mennyiség szerint a II. csoportba sorolható, és a felhőalag magasságának csoportja megegyezik, akkor az előrejelzés 1 pontot ér,
4. egyébként a prognózist 0 pontra értékeljük.

Szemléletesen, ha az előrejelzett és megfigyelt felhőzet nem egy kategóriába esik, és kategóriáikat a 7. *ábrán* piros vonal választja el, a prognózis 0 pontot ér, egyébként 1-et.

A jelenidőhöz hasonlóan kiválasztjuk a prognosztizált felhözethez tartozó pontszámok közül a maximálisat, majd ezeket összeadjuk és elosztjuk a már kategorizált megfigyelt és előrejelzett felhözetcsoportok tagjainak száma közül a nagyobbal. A TCU (tornyos gomoly) és a CB (zivatarfelhő) jelenléte nincs verifikálva, ugyanis az ICAO leszállási előrejelzésre vonatkozó ajánlása a felhőzet típusára nem terjed ki.

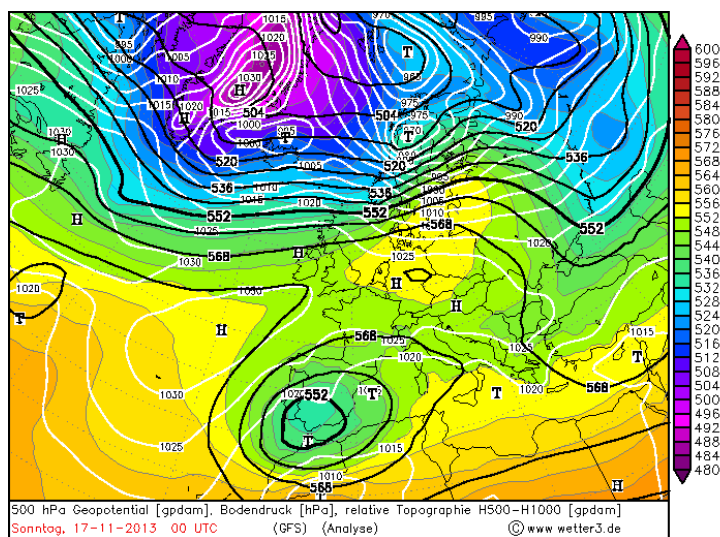
Ha a leszállási előrejelzés TEMPO változásjelzőt tartalmaz, valamint ha a prognosztizált felhőzet tagjai közül legalább egy a TEMPO-zott időszakban az időszak felénél hosszabb ideig fordul elő, akkor az 4.3.2. *fejezetben* leírtak szerinti összesített pontszámot 0,75-tel szorozzuk meg.

5. Esettanulmányok

Az előző módszertani fejezetben bemutatott pontozásos módszer működését két olyan esettanulmányon keresztül is szeretnénk ismertetni, amelyek jól érzékeltetik, hogy a kidolgozott algoritmus egy-egy összetettebb időjárási helyzetben hogyan képes a prognózisok beválását értékelni.

5.1. Köd a Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren 2013.11.16-án és 17-én

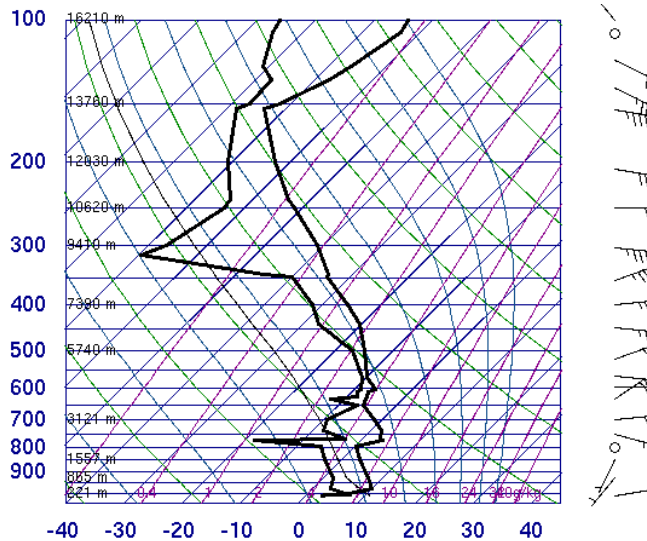
2013. november 16-án és 17-én magassági gerinc előoldalán helyezkedett el Közép-Európa, így a Kárpát-medence térsége is, amelynek időjárását nagy kiterjedésű anticiklon határozta meg (8. ábra). A Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren a szóban forgó éjszaka a kisugárzás hatására erős, közel 10 °C-os hőmérsékleti inverzió alakult ki (9. ábra), ezzel gátolva a talaj közeli légréteg átkeveredését. A folyamatos hőmérsékletcsökkenésnek, a csekély, mindössze néhány tized °C-os harmatpont depresszióknak, valamint a gyenge, 0–2 csomós felszín közeli szélességnek köszönhetően sűrű köd alakult ki.



8. ábra: Az 500 hPa-os nyomási szint geopotenciál és felszíni nyomás térképe, 2013. november 17. 00 UTC. [2 – Wetter3.de]

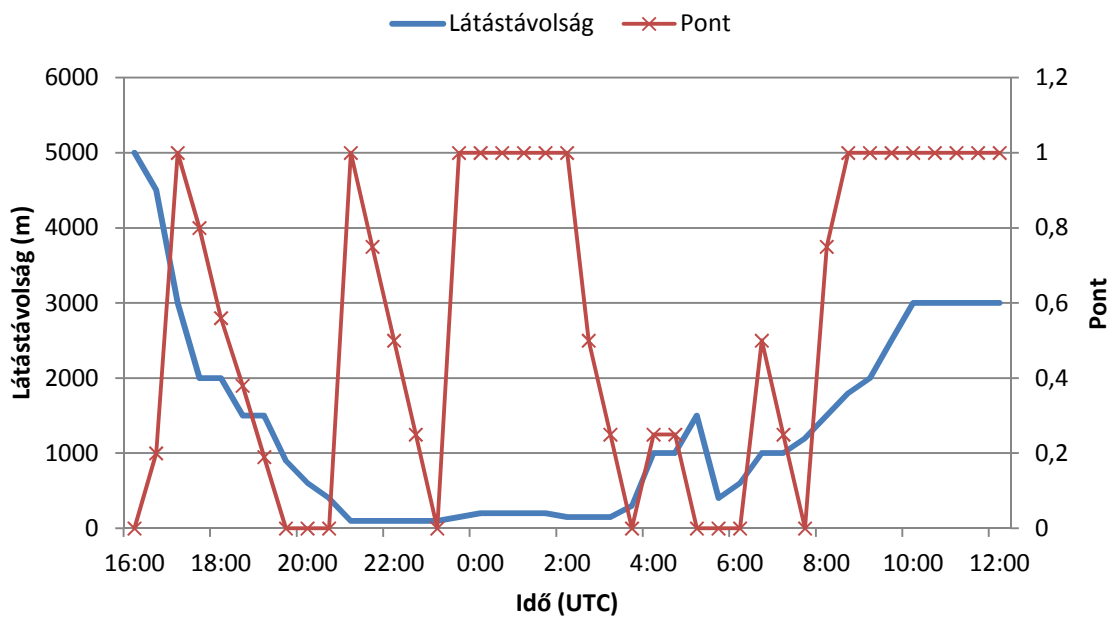
November 16-án 21:15 UTC-től, egészen november 17. 03:30 UTC-ig 200–250 m volt a horizontális látástávolság, ami az időszak elején 100 m-re csökkent és két órán keresztül fenn is állt. 03:30 UTC után átmeneti javulás kezdődött, a látástávolság 1500 m-re nőtt, ám

05:30 UTC után ismét 1000 m alá csökkent. A sűrű ködnek köszönhetően az éjszaka folyamán tizennégy repülőgép nem tudott landolni a budapesti repülőtéren. 06:30 UTC után a látástávolság ismét 1000 m fölé javult, és a délelőtt folyamán 1000 és 5000 m között maradt (10. ábra).



9. ábra: A pezsztentlőrinci szinoptikus állomás (12843) 00 UTC-s rádiószondás felszállása 2013. november 17-én Skew-T diagramon ábrázolva. [3 – Wyoming Weather Web]

Megvizsgáltuk az ebben az időszakban kiadott leszállási előrejelzések látástávolságra vonatkozó bevalását. Az egyes látástávolság értékek mögötti zárójelben azok kategóriáit tüntettük fel.



10. ábra: A látástávolság alakulása és a leszállási előrejelzés látástávolság bevalásának értékei a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren 2013. november 16-án és 17-én.

A vizsgált időszak elején az előrejelzések nem számítottak olyan mértékű látásromlásra, hogy az kategóriaváltást jelentsen (NOSIG). A látástávolság csökkenésével 17:00 és 17:30 UTC-kor a leszállási előrejelzések folyamatos 1500 m-ig (6) romló tendenciát jeleznek előre (BECMG 1500). Ez a 17:00 UTC-kor kiadott prognózis esetén teljesen helyén való, ugyanis a látástávolság 19:00 UTC-ig nem romlik 1500 m alá, ezért ennek beválása maximális. A 17:30 UTC-kor kiadott METAR végén található előrejelzés már nem ér egy pontot, hiszen 19:30 UTC-kor már 900 m-es (5) látástávolságot észleltek, így megtörtént a kategória átlépése. 18:00–19:30 UTC-s leszállási előrejelzésekben rendre 2000 m (6), illetve 1500 m (6) látástávolság mellett időnkénti 1000 m-re (5) történő látásromlást prognosztizáltak (TEMPO 1000). Ezen előrejelzések beválása az idő előrehaladtával folyamatosan gyengül, ugyanis 20:00 UTC-től 21:00 UTC-ig minden fél órában egy kategóriával csökken a horizontális látástávolság értéke. A 20:00 és 20:30 UTC-kor írt prognózisok már nem számítanak szignifikáns változásra, ennek ellenére a látástávolságban további romlás volt megfigyelhető, így a prognózisok 0 pontot kaptak. A 21:00 UTC-s METAR – amelyben 100 m-t (1) észleltek – végén található előrejelzés (NOSIG) maximális beválású, mert a következő két órában a horizontális látástávolság szintén 100 m volt. Az ezt követő négy távirat sem számít szignifikáns változásra, azonban 23:30 UTC-től a látás 150 m (2) fölé javul, így ezek pontszáma rendre csökken.

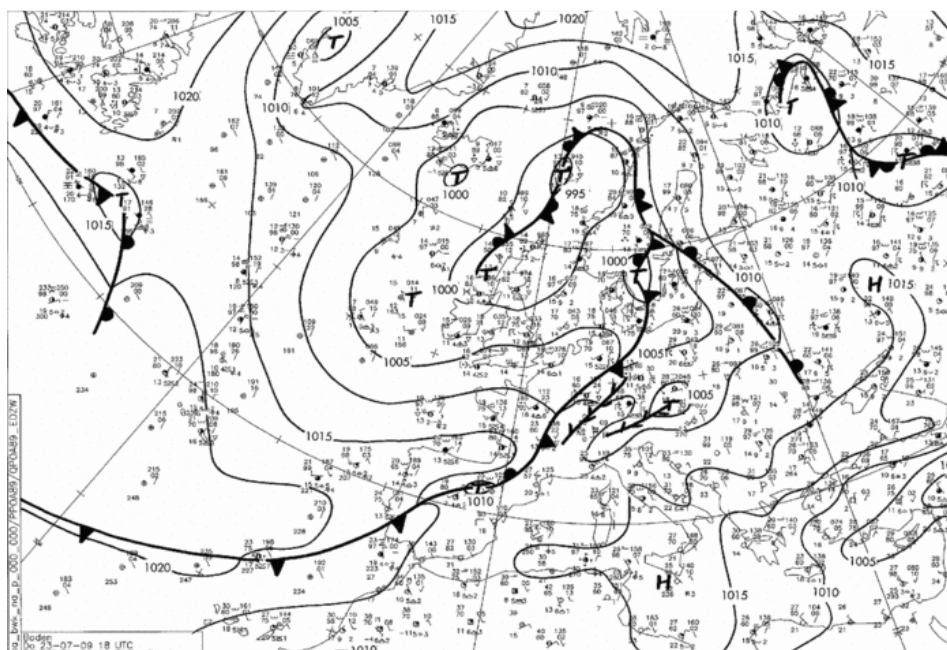
6. táblázat: A Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren 2013. november 17-én 00–12 UTC kiadott METAR táviratokból kinyert látástávolságok (kategóriájuk) és a leszállási előrejelzések.

Dátum	Látástávolság (m)	Leszállási előrejelzés
2013.11.17 00:00 – 01:30	200 (2)	NOSIG
2013.11.17 02:00 – 03:00	150 (2)	NOSIG
2013.11.17 03:30	300 (2)	NOSIG
2013.11.17 04:00 – 04:30	1000 (5)	NOSIG
2013.11.17 05:00	1500 (6)	BECMG 2500 BR
2013.11.17 5:30	400 (3)	NOSIG
2013.11.17 6:00	600 (4)	NOSIG
2013.11.17 06:30 – 07:00	1000 (5)	NOSIG
2013.11.17 07:30	1200 (5)	NOSIG
2013.11.17 08:00	1500 (6)	NOSIG
2013.11.17 08:30	1800 (6)	BECMG 4000 BR
2013.11.17 09:00	2000 (6)	BECMG 4000 BR
2013.11.17 09:30	2500 (6)	BECMG 4000 BR
2013.11.17 10:00	3000 (7)	BECMG 4000 BR
2013.11.17 10:30 – 12:00	3000 (7)	NOSIG

Ezekkel azonos megfontolások magyarázzák az időszak további prognózisainak pontszámait is (**10. ábra**). A METAR-okból kinyert látástávolságokat és a leszállási előrejelzéseket lásd a **6. táblázatban**.

5.2. Zivatar a prágai Václav Havel repülőtéren 2009.07.23-án

2009. július 27-én Közép-Európa magassági teknő előoldalán helyezkedett el, amelyet a nap folyamán nyugati irányból egy hullámzó frontálzóna közelített meg. A talajfront előtt, 12 és 18 UTC között Csehország területén jelentős prefrontális konvergenciovonal alakult ki (**11. ábra**). A magas 850 hPa-os pseudoekvivalens potenciális hőmérsékleti értékekből arra következtethetünk, hogy a hosszan elnyúló frontrendszer előterében jelentős mennyiségű, földközi-tengeri eredetű nedvesség gyülemlt fel (**12. ábra**). Ezáltal az emelés és a nedvességi viszonyok is kedveztek zivatarok kialakulásának.

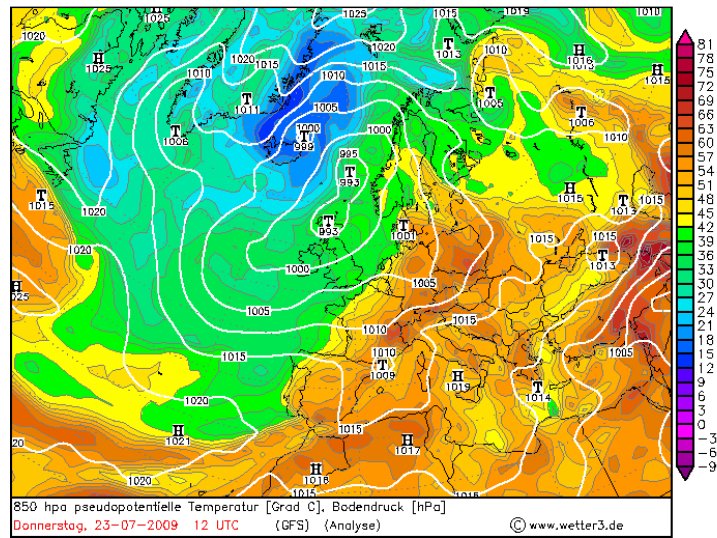


11. ábra: A Deutsche Wetterdienst talajtérképe, 2009. július 23. 18 UTC.

[2 – *Wetter3.de*]

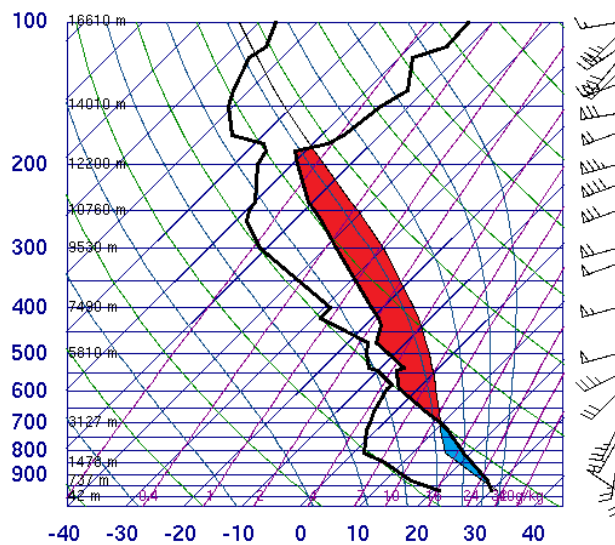
A konvenció folyamatok kialakulását előidéző labilitás mértékét tükrözi a prágai Libus szinoptikus állomás (11520) 12 UTC-s rádiószondás felszállásának adatai. A 700 hPa-os szinttől a troposzféra tetejéig hidrosztatikailag instabil volt a légkör, a hozzáférhető potenciális energia (CAPE – *Convective Available Potential Energy*) értéke hozzávetőlegesen 2500 J/kg értékű volt, amely heves zivatarok kialakulására engedett következtetni (**13. ábra**).

A pontozásos algoritmus imént ismertetett időjárás helyzetre vonatkozó értékelését a következőkben ismertetjük.



12. ábra: A 850 hPa-os nyomási szint pseudoekvivalens potenciális hőmérséklet térképe, 2009. július 23 12 UTC. [2 – Wetter3.de]

A Václav Havel repülőtéren 12 és 16 UTC között kiadott METAR-okból és SPECI-kből származó szél és látástávolság értékek, jelenidők és leszállási előrejelzések, valamint az egyes elemek pontszámai a **9. táblázatban** található. A repülőtér területén a szél sebességének folyamatos növekedése mellett 13:30 UTC-kor jelentős mértékű (> 60°) szélfordulás következett be, amit a 12:00 UTC-től 13:00 UTC-ig kiadott leszállási előrejelzések nem prognosztizáltak.

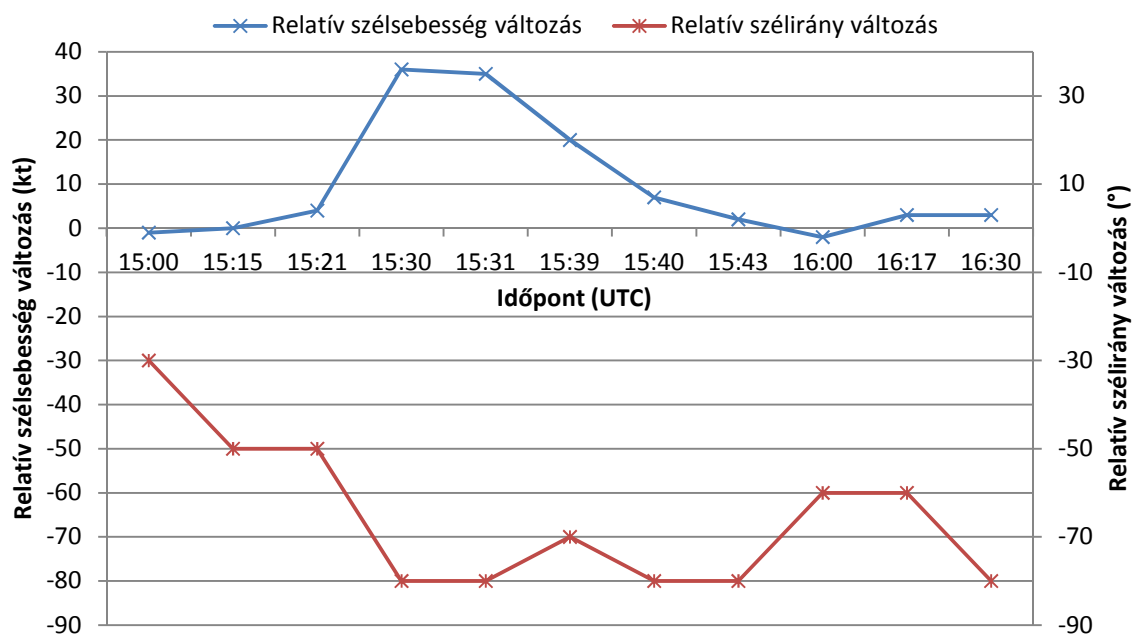


13. ábra: A prágai Libus szinoptikus állomás (11520) 12 UTC-s rádiószondás felszállása 2009. július 23-án Skew–T diagramon ábrázolva. A pozitív területet pirossal, a negatív területet késsel jelöltük. [3 – Wyoming Weather Web]

A szél irányának fordulása oly mértékű volt, hogy az imént említett időintervallumban kiadott METAR táviratokban kódolt szél a **4.3.2.1. fejezetben** bemutatott kritériumok 2. pontja értelmében a prognosztizált széllel nem esik egy kategóriába, így a leszállási előrejelzések szélre vonatkozó pontszáma 13:00 UTC-ig időpontról időpontra csökkenő tendenciát mutat. 13:30 UTC-re a szélfordulás megtörtént, így az előrejelzések ismét magasabb pontszámot kaphattak, de a zivataros kifutószél okozta újabb irányváltást már nem prognosztizálták. Ebből adódóan a 13:30 és a 14:00 UTC-s leszállási előrejelzések szélre vonatkozó pontszáma rendre csökken.

A zivatar 15:21 UTC-kor érte el a repülőtér területét, előrejelzésének bevalását a 14:30 UTC-kor kiadott prognózison vizsgáltuk. Az időjárás változékonyságát illusztrálja, hogy a 14:30 UTC utáni két órás időszakban a négy rendszeresen kiadásra kerülő reguláris távirat mellett hét SPECI került a nemzetközi adatforgalomba.

Az előrejelzés szél tekintetében perzisztencia prognózisnak számít, így a 4.3.2.1. fejezetben bemutatott kategóriák szempontjából egészen 15:21 UTC-ig és 16:00 UTC-kor helytálló, ugyanis az előbbi időpontokban kódolt szél a 14:00 UTC-kor kiadott METAR-ban jelentett szél irányától nem tér el 60° -nál, sebességétől 10 csomónál többel (**14. ábra**).



14. ábra: A szél sebességének és irányának relatív változása a 14:30 UTC-kor kiadott METAR-ban szereplő szél sebességéhez is irányához képest, 2009. július 23 Václav Havel repülőtér, Prága.

Ezekben az időpontokban a prognózis 1 pontot ér. A 15:00 UTC-kor mért szél a 14:00 UTC-shez képest irányban 70° -kal, sebességben 36 csomóval különbözik, így nem tartoznak egy kategóriába, a prognózis 0 pontos. Az ezt követő négy időpontban azonos

meggondolások miatt az előrejelzés szintén 0 pontot ér. 16:00 és 16:17 UTC-kor csak 50°-os, 2 illetve 3 csomós eltérés adódott a kezdeti időponthoz képest, azaz az akkor mért szél értékek egy kategóriába esnek a 14:30 UTC-kor kódolt széllel. Végül a 16:30 UTC-s METAR-ban a szélirány eltérése már 70°, ezért ismét nem esnek egy kategóriába.

Összességében a leszállási előrejelzés ötször találta el és hatszor hibázta el a szél kategóriáját. Mivel két óra alatt tizenegy táviratot adott ki a prágai repülőtér, így a **4.3.2. fejezetben** leírtak alapján a végeredmény 0,45-nek adódott.

A 14:30 UTC-kor készült előrejelzés a 10000 m, vagy afeletti látástávolság mellett időnként 4000 m-re csökkenést jelez előre (TEMPO 4000). A **7. táblázatban** látható a 16:30 UTC-ig megfigyelt látástávolság és a prognózis két előrejelzési tömbje, a fő- és alapprognózis (a lineáris változást jelző tömb jelen esetben nem került feltöltésre, hiszen nem BECMG a változásjelző csoport). A látástávolság értékek mögött feltüntettük azok kategóriáinak sorszámát egyaránt. Láthatjuk, hogy a vihar okozta záporos jellegű csapadék miatt 15:30 és 15:39 UTC között a repülőtér területén jelentős mértékben lecsökkent a látástávolság értéke.

7. táblázat: A prágai Václav Havel repülőtéren 2009. július 23-án 14:30 és 16 UTC között kiadott METAR és SPECI táviratokból kinyert látástávolság értéke, 14:30 UTC-kor készült leszállási előrejelzés látástávolságra vonatkozó tömbjei és adott időpontokra vonatkozó pontszámai. A zárójelben a látástávolság értékek kategóriájának sorszámát tüntettük fel.

Dátum	Megfigyelés (m)	Főprognózis (m)	Alapprognózis (m)	Pontszám
2009.07.23. 15:00	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 15:15	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 15:21	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 15:30	5000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 15:31	1500 (6)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	0
2009.07.23. 15:39	5000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 15:40	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 15:43	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 16:00	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 16:17	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1
2009.07.23. 16:30	≥ 10000 (8)	4000 (7)	≥ 10000 (8)	1

Mindössze egyetlen alkalommal (15:31 UTC) nem egyezik meg a megfigyelt érték kategóriája a valamelyik előrejelzési tömbben található érték kategóriájával, azaz a 14:30

UTC-t követő két órás időszakban tizenegyből egyszer volt helytelen a horizontális látástávolság előrejelzése. A **4.3.2. fejezetben** leírtak alapján a prognózis pontszáma 0,91.

A jelenidő előrejelzése az alábbiak szerint került pontozásra. A 14:30 UTC-kor kiadott előrejelzés időnként megjelenő zivatarra figyelmeztet közepes intenzitású eső mellett (TEMPO TSRA). A **8. táblázatban** láthatjuk, hogy a 15:15 UTC-kor már a repülőtér közelében (VCTS) és 15:21 UTC-kor a repülőtéren is észlelték a zivatart (-TSRA). Az előrejelzés a két órás érvényességi időtartam első két időpontjában (15:00 és 15:15 UTC) az alapprognózis értelmében 1–1 pontot ér, hiszen a repülőtér közelében lévő zivatar **4.1. fejezet** szerint nem számít szignifikáns időjárási eseménynek. 15:21 és 15:40 UTC-kor zivatart jelentettek a prágai repülőtér észlelői gyenge intenzitású esővel (-TSRA), így a **Függelék F1–4. táblázatának** értelmében az adott időpontra vonatkozó előrejelzések 0,8–0,8 pontosak.

8. táblázat: A prágai Václav Havel repülőtéren 2009. július 23-án 14:30 és 16 UTC között kiadott METAR és SPECI táviratokból kinyert jelenidők, a 14:30 UTC-kor készült leszállási előrejelzés jelenidőre vonatkozó tömbjei és a prognózis egyes időpontokra vonatkozó pontszámai.

Dátum	Megfigyelés	Főprognózis	Alapprognózis	Pontszám
2009.07.23. 15:00	NSW	TSRA	NSW	1
2009.07.23. 15:15	VCTS (NSW)	TSRA	NSW	1
2009.07.23. 15:21	-TSRA	TSRA	NSW	0,8
2009.07.23. 15:30	TSRA SQ	TSRA	NSW	0,5
2009.07.23. 15:31	+TSRA SQ	TSRA	NSW	0,4
2009.07.23. 15:39	TSRA	TSRA	NSW	1
2009.07.23. 15:40	-TSRA	TSRA	NSW	0,8
2009.07.23. 15:43	VCTS (NSW)	TSRA	NSW	1
2009.07.23. 16:00	RETSRA (NSW)	TSRA	NSW	1
2009.07.23. 16:17	NSW	TSRA	NSW	1
2009.07.23. 16:30	NSW	TSRA	NSW	1

A 15:30 UTC-kor kiadott METAR táviratban zivatart kódoltak szélroham kíséretében (TSRA SQ). A zivatar helyes prognosztizálása mellett a szélroham előrejelzése elmaradt, ezért a pontszám 0,5-nek adódott. 15:31 UTC-kor a heves zivatart (+TSRA) jelentettek szélrohammal. A zivatarintenzitás helytelen előrejelzése összességében 0,8 pontot ér, de a szélroham prognózisból történő kihagyása miatt az adott időpontra vonatkozó pontszám 0,4 lett. 15:39 UTC-kor az előrejelzés beválása maximális, hiszen a megfigyelt és

előrejelzett jelenidő megegyezik. A METAR táviratban lehetőség nyílik arra, hogy utaljunk egy már véget ért időjárási jelenségre (RE-), azonban a leszállási előrejelzés szempontjából ez nem számít szignifikáns jelenségnek, így 16:00 UTC-kor a prognózis 1 pontot ért el. A 16:17 és 16:30 UTC-kor készült táviratok nem tesznek jelentést a leszállási előrejelzés szempontjából fontos eseményről, így az alapprognózis értelmében az előrejelzések 1–1 pontot érnek.

A leszállási előrejelzés jelenidőre vonatkozó pontszáma az imént leírt pontok összegének és a kiadását követő két órában készült táviratok számának hányadosaként áll elő (lásd **4.3.2. fejezet**), így a végső pontszám 0,86.

Az ICAO leszállási előrejelzésre vonatkozó ajánlása a felhőzet típusára nem terjed ki, és a felhőalap 1500 lábas határát sem a megfigyelt, sem az előrejelzett felhőzetcsoport egyik tagja sem lépte át, az erre vonatkozó prognózis pontszáma 1.

9. táblázat: A prágai Václav Havel repülőtéren 2009. július 23-án 12:00 és 16:30 UTC között kiadott METAR és SPECI táviratokból kinyert szél és látástávolság értékek, jelenidők és leszállási előrejelzések, valamint az egyes elemek pontszámai.

Dátum	Szél (°,kt)	Látástávolság (m)	Jelenidő	Leszállási előrejelzés	Pont (szél)	Pont (látástáv.)	Pont (jelenidő)
2009.07.23. 12:00	170, 6	≥ 10000	NSW	NOSIG	0,5	1	1
2009.07.23. 12:30	170, 8	≥ 10000	NSW	NOSIG	0,25	1	1
2009.07.23. 13:00	190, 8	≥ 10000	NSW	NOSIG	0	1	1
2009.07.23. 13:30	330, 10	≥ 10000	NSW	NOSIG	0,83	1	0,67
2009.07.23. 14:00	350, 11	≥ 10000	NSW	NOSIG	0,5	0,9	0,5
2009.07.23. 14:30	360, 11	≥ 10000	NSW	TEMPO 4000 TSRA	0,45	0,91	0,95
2009.07.23. 15:00	330, 10	≥ 10000	NSW	TEMPO 4000 TSRA	0,64	0,91	0,95
2009.07.23. 15:15	310, 11	≥ 10000	VCTS	-	-	-	-
2009.07.23. 15:21	310, 15	≥ 10000	-TSRA	-	-	-	-
2009.07.23. 15:30	280, 47	5000	TSRA SQ	TEMPO 1500 TSGR	0,1	0,75	0,18
2009.07.23. 15:31	280, 46	1500	+TSRA SQ	-	-	-	-
2009.07.23. 15:39	290, 31	5000	TSRA	-	-	-	-
2009.07.23. 15:40	280, 18	≥ 10000	-TSRA	-	-	-	-
2009.07.23. 15:43	280, 13	≥ 10000	VCTS	-	-	-	-
2009.07.23. 16:00	300, 9	≥ 10000	RETSRA	NOSIG	1	1	1
2009.07.23. 16:17	300, 14	≥ 10000	NSW	-	-	-	-
2009.07.23. 16:30	280, 14	≥ 10000	NSW	NOSIG	0,33	1	1

6. Eredmények

6.1. A kategóriás verifikáció eredményei

6.1.1. A Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtér működési fázisainak kritikus látástávolság értékei

A Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren a horizontális látástávolság meghatározott mértékű romlása esetén a toronyban szolgálatot teljesítő légiforgalmi irányítók *supervisor*-e az irányító torony munkatechnológiai előírása szerint különböző működési fázisokat rendel el. Ezek a következők:

1. Felkészülési fázis (PREP): ha a látástávolság 800 m alá csökken és/vagy a felhőalap 400 m alá süllyed,
2. Rossz látási körülmények között alkalmazandó eljárások 1. fázis (LVP1): ha a látástávolság 600 m-re vagy az alá csökken és/vagy a felhőalap 200 m alá süllyed,
3. Rossz látási körülmények között alkalmazandó eljárások 2. fázis (LVP2): ha a látástávolság 400 m alá csökken.

A **4.3.1. fejezetben** leírtak szerint a fent megfogalmazott látástávolság eseményekre elvégeztük a leszállási előrejelzések 2-kategóriás kontingencia táblán alapuló verifikációját. Ennek eredményeit az alábbiakban ismertetjük.

A **10. táblázatban** láthatjuk, hogy a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren a 2005-től 2013-ig terjedő időszakban átlagosan 2,4%-os relatív gyakorisággal csökkent le a látástávolság olyan mértékben, hogy a torony valamelyik működési fázist elrendelje.

10. táblázat: Verifikációs mérőszámok a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtér működési fázisait életbe léptető kritikus látástávolság értékekre.

Esemény: látástáv.	$p(E)$	H	FAR	$Bias$	$p(E|forecast)$	$p(E|not\ forecast)$	HSS
< 800 m	0,024	0,645	0,149	0,759	0,851	0,008	0,728
\leq 600 m	0,023	0,642	0,152	0,758	0,848	0,008	0,725
< 400 m	0,015	0,555	0,170	0,670	0,830	0,006	0,661

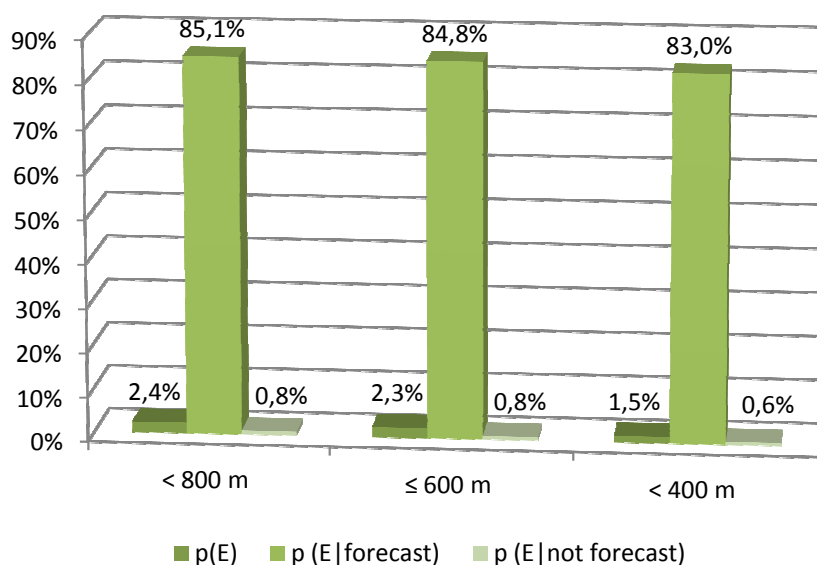
A *hit rate* (H) értékei azt tükrözik, hogy az események előrejelzése a kisebb látástávolság értékek felé haladva kevésbé sikerült, továbbá a *false alarm ratio* (FAR) értékein láthatjuk,

hogy 400 m alatti látástávolságokra adtak ki legtöbbször előrejelzést anélkül, hogy az be is következett volna.

Az imént leírt *score*-ok önmagukban véve nem adnak teljes információt az előrejelzés jóságáról, ezért érdemes őket együtt tekinteni, és a vizsgálatot további verifikációs mérőszámokkal kiegészíteni.

A *Bias* a kisebb látástávolság-értékek felé csökkenő tendenciát mutat, azaz a kisebb értékek esetén egyre kevesebbszer történt meg az esemény előrejelzése, mint ahogy az be is következett, tehát az alulbiztosított prognózisok dominálnak. A feltételes valószínűségek azt mutatják ($p(E|forecast) = SR$ és $p(E|not\ forecast)$), hogy a látástávolság események előfordulásának valószínűsége két nagyságrenddel nagyobb amellet, hogy a leszállási előrejelzésekben prognosztizálva voltak, mint amikor nem voltak előrejelezve (**15. ábra**).

A *Heidke skill score (HSS)* az előzőekhez hasonlóan, a kisebb látástávolság-értékek felé csökkenő tendenciát mutat.



15. ábra: A látástávolság-értékek relatív gyakorisága és feltételes valószínűségei.

További vizsgálatokat végeztünk a különböző működési fázisokat meghatározó látástávolság események kialakulásának előrejelzésére nézve. Azaz azokat a leszállási előrejelzéseket tekintettük, amelyek a fenti látástávolság kategóriákat tartalmazzák, de a prognózis kiadásakor még nem állt fenn az esemény. Ekkor $P(E|forecast) (= SR)$ 800 m, 600 m, és 400 m alatti látástávolságok esetén rendre 48,3%, 62,3% és 67,6%. Ezek alapján megállapíthatjuk, hogy a már kialakult köd esetén kiadott előrejelzések esetében a kisebb látástávolság-értékek felé haladva nő az előrejelzés pontossága.

6.1.2. A jelenidőkre végzett vizsgálatok eredményei

A **4.3. fejezetben** említett vizsgálatokat nyolc olyan európai – köztük négy magyar – repülőtérre végeztük el, amelyek rendszeresen adnak leszállási előrejelzést:

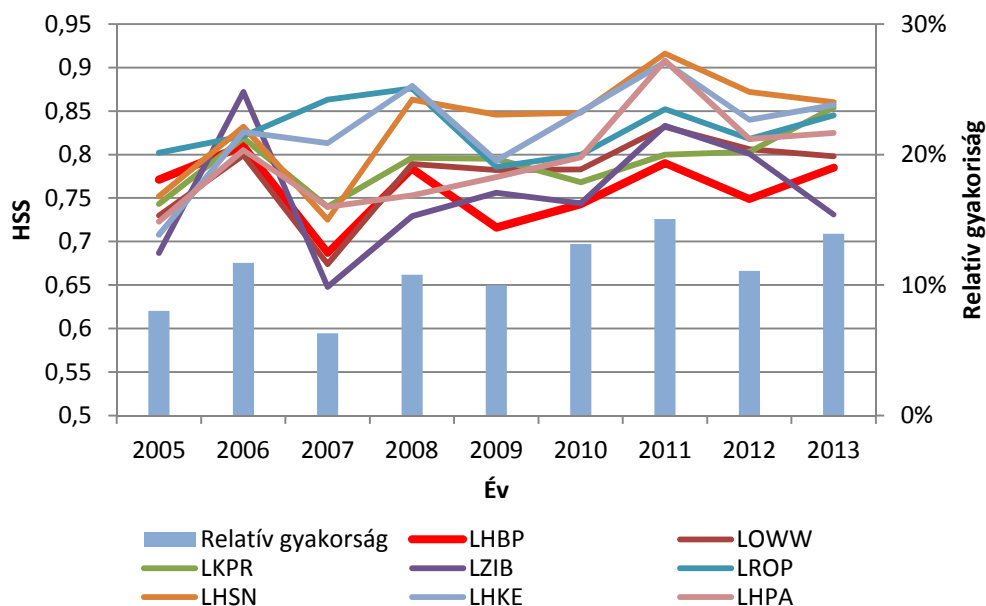
- Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtér (LHBP),
- a szolnoki helikopterbázis repülőtere (LHSN),
- a kecskeméti katonai repülőtér (LHKE) és
- a pápai katonai repülőtér (LHPA).
- a Bécs-Schwechat Nemzetközi repülőtér (LOWW),
- a pozsonyi Milan Rastislav Štefánik repülőtér (LZIB),
- a bukaresti Henri Coandă repülőtér (LROP) és
- a prágai Václav Havel repülőtér (LKPR).

Minden repülőtérre kiszámítottuk a **3. táblázatban** bemutatott verifikációs mérőszámokat a 2005-től 2013-ig terjedő időszakra éves, illetve havi bontásban. A dolgozatban a repülésre legveszélyesebb jelenségekre, a ködre és a zivatarra végzett verifikáció eredményeit mutatjuk be a *Heidke skill score* segítségével.

Először tekintsük át a ködre, mint jelenidőre végzett vizsgálatok eredményeit. Az eseménybe a köd minden fajtája beletartozik, amit a METAR táviratokban és a leszállási előrejelzésekben kódolni lehet. A vizsgálat során tehát nem különböztettük meg, hogy a köd csak foltokban van jelen, sekély, vagy zúzmarás és így tovább. Ha ezek közül valamelyik a megfigyelésben és a leszállási előrejelzésben is megtalálható, akkor azt *hit-ként*, azaz találatként vettük számításba.

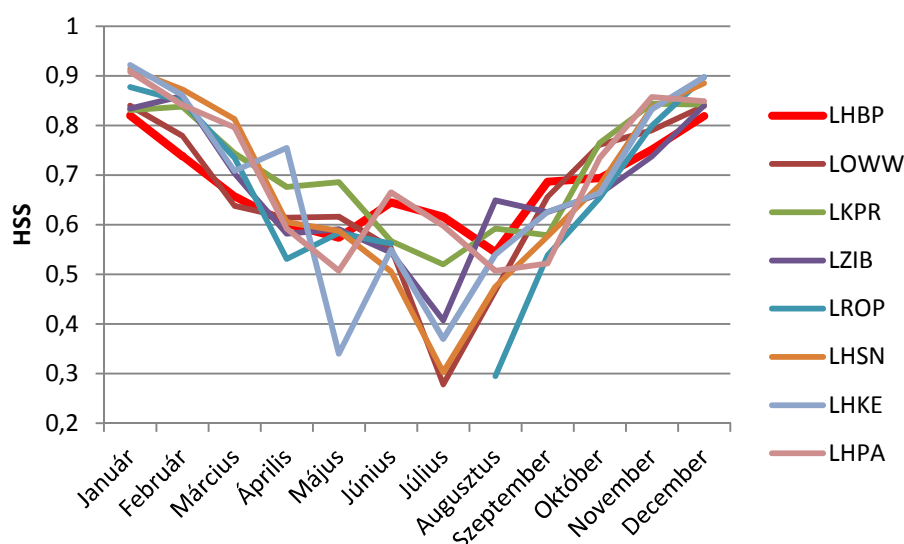
A **16. ábrán** az imént leírt eseményre vonatkozó *Heidke skill score (HSS)* éves alakulását tüntettük fel mind a nyolc repülőtér esetén, amely alapján elmondható, hogy a vizsgált repülőterek többségében a köd előrejelzése az évek folyamán javuló tendenciát mutat. Ezek mellett az is látható, hogy az elmúlt hat évben nemcsak magyarországi, hanem nemzetközi viszonylatban is a hazai katonai repülőterek ködelőjelzései voltak a legmegbízhatóbbak. Érdekes megjegyezni, hogy 2006-ban valamennyi repülőtéren többször figyeltek meg ködöt, mint a vizsgált nyolc éves időtartam többi évében, és 2006-ban volt a legmagasabb a ködre vonatkozó *HSS* átlagolt értéke (**16. ábra**). Emellett 2007-ben az elmúlt évszázad legmelegebb éve volt Magyarországon (*Schlanger, 2008*), több repülőtéren ebben az évben volt a legkevesebbszer köd 2005 és 2013 között, és a legtöbb repülőtéren ebben az évben a legkisebb a *HSS* átlagolt értéke. Emögött emberi tényező is

állhat, hiszen minél többször van egy évben köd, annál jobban rögzülnek az előrejelzőkben a köd prognózisával kapcsolatos tapasztalatok, ami ezáltal begyakorolhatóvá válik.



16. ábra: A ködre, mint jelenidőre számított *HSS* éves változása az egyes repülőtereken és a köd előfordulásának relatív gyakorisága a repülőterekre átlagolva.

A havi bontású értékek az általunk várt képet mutatják (**17. ábra**), az őszi, téli és tavaszi hónapokban megbízhatóbbak a ködelőrejelzések, mint a nyári évszakban, amikor az előrejelzőknek a kisebb relatív gyakoriság mellett a téli évszaktól eltérő hőmérséklettartományból adódó specialitásokkal is meg kell birkózniuk.



17. ábra: A ködre, mint jelenidőre számolt *HSS* havi változása az egyes repülőtereken.

Míg a téli hónapokban ismét a magyar katonai repülőterek ködre vonatkozó prognózisai a leghelytállóbbak, addig a nyáron nemzetközi összehasonlításban is a Budapest Liszt

Ferenc Nemzetközi repülőtér és a pápai katonai repülőtér előrejelzései a legmegbízhatóbbak.

Érdemes megvizsgálni, hogy a jelenség kialakulását az előrejelzők mennyire tudták prognosztizálni. Erre a célra alkalmas mutató már az előző fejezetben látott feltételes valószínűség (= *success ratio*). A **11. táblázatban** két értéket láthatunk a repülőterekre jellemzően. Az első oszlopban annak valószínűsége található, hogy a köd előfordul azzal a feltétellel, hogy azt előre is jelezték, a második oszlopban ugyanez, azzal a feltétellel, hogy a kiadás időpontjában még nem volt köd. Utóbbi tehát a jelenség kialakulásának előrejelzésének egyfajta mérőszáma. Látható, hogy a két érték között több tíz százalék eltérés is lehet minden repülőtér esetén. Ennek oka, hogy a köd egy időben hosszan fennálló jelenség, így kialakulása után létének előrejelzése már egyszerűbb feladat. Az első oszlopban látható értékek ezeket az eseteket is tartalmazzák. A köd kialakulásának előrejelzése a feltételes valószínűségek alapján a szolnoki, a kecskeméti, a pápai és a prágai repülőtéren a legpontosabb.

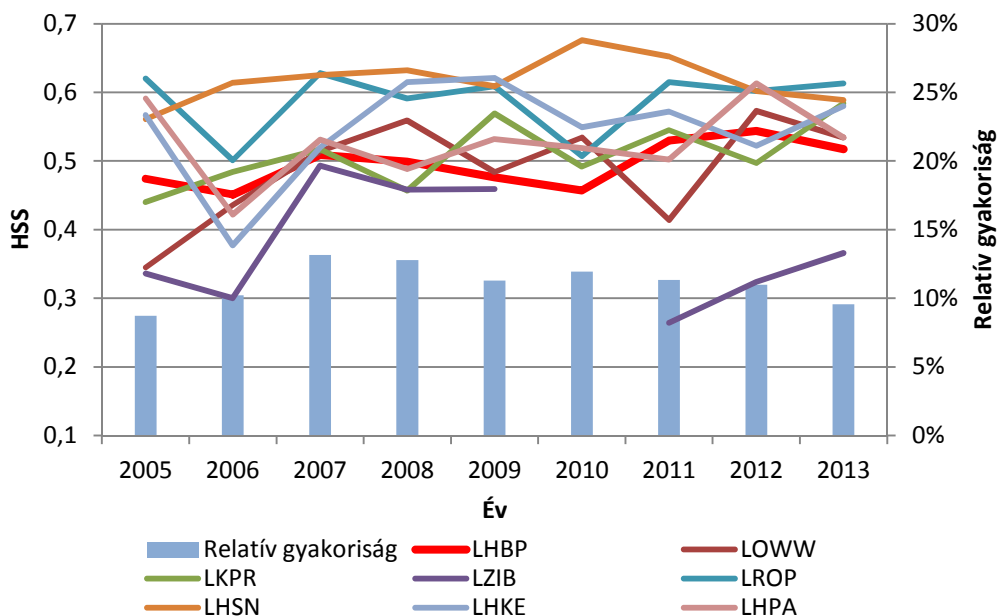
11. táblázat: A ködre vonatkozó $P(E|forecast)$ általánosan és kialakulását illetően.

ICAO azonosító	$P(E|forecast)$	$P(E|forecast)$ kialakul
LHBP	87,1%	39,6%
LOWW	84,9%	45,4%
LKPR	92%	49,6%
LZIB	81,5%	24,8%
LROP	91,3%	44,2%
LHSN	90,2%	51,6%
LHKE	89,8%	49,2%
LHPA	89,9%	62,1%

A zivatar tekintetében úgy definiáltuk az eseményt, hogy minden olyan jelenidő idetartozik, amiben a zivatar is megtalálható, lépjen fel az bármilyen csapadékkal, vagy anélkül.

Az erre vonatkozó *HSS* éves alakulását a **18. ábrán** tüntettük fel a nyolc repülőtér esetén, amelyen látható, hogy a zivatar előrejelzése az évek folyamán Pozsony kivételével enyhén javuló tendenciát mutat. Pozsony esetén 2010. augusztustól novemberig nem adtak ki leszállási előrejelzést, így az átlagolt értékek reprezentativitásának érdekében ezt a *HSS* értéket kihagytuk az adatsorból. Elmondható továbbá az is, hogy a zivatar előrejelzése a

HSS alapján gyengébb, mint a kód esetében. Ez lehet annak következménye, hogy a kód kialakulása után hosszabb ideig is fennmaradhat szemben a zivatarokkal, amelyek egy-egy repülőtérre érintő karakterisztikus ideje rövidebb. Az ábra alapján elmondható, hogy éves bontásban a szolnoki és a bukaresti repülőtér zivatarra vonatkozó előrejelzéseinek legjobb a beválása.



18. ábra: A zivatarra számított *HSS* éves változása az egyes repülőtereken és a zivatar előfordulásának relatív gyakorisága a repülőterekre átlagolva.

A havi bontást illetően, várakozásainknak megfelelően mind a nyolc repülőtér esetén a nyári félévben a leghatékonyabb a zivatarok előrejelzése (*nem tüntettük fel*).

Ezek után megvizsgáltuk a zivatar kialakulásának előrejelzésének jóságát.

12. táblázat: A zivatarra vonatkozó $P(E|forecast)$ általánosan és kialakulását illetően.

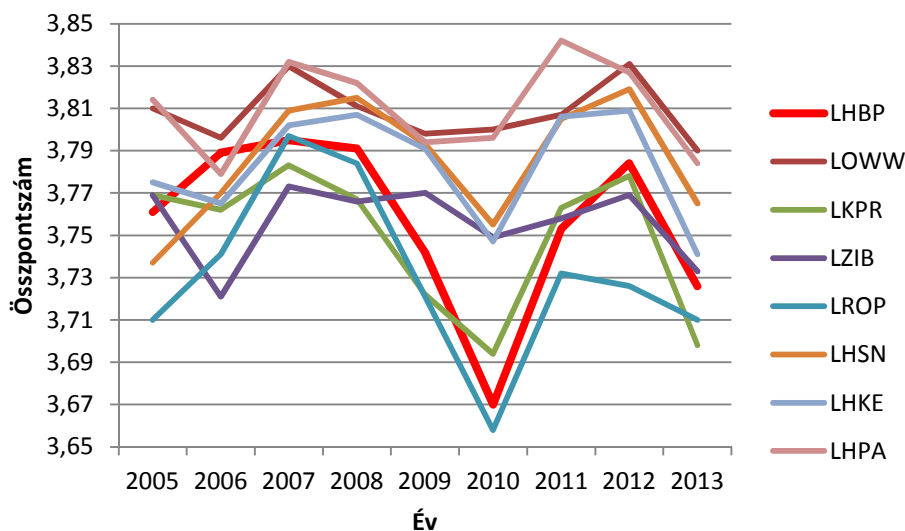
ICAO azonosító	$P(E|forecast)$	$P(E|forecastst)$ kialakul
LHBP	49,8%	36,9%
LOWW	50,0%	39,4%
LKPR	60,3%	46,8%
LZIB	38,6%	24,6%
LROP	62,3%	39,5%
LHSN	70,4%	52,8%
LHKE	57,6%	45,3%
LHPA	52,2%	31,3%

A **12. táblázatban**, a ködhöz hasonlóan, az első oszlopban a zivatar 2005 és 2013 közötti előfordulásának relatív gyakoriságát látjuk, amellet, hogy az előre is volt jelezve. A második oszlopban szintén ezt láthatjuk azzal a feltétellel, hogy az előrejelzés kiadásakor nem volt zivatar. Jelen esetben a két érték között kisebb eltérés van, mint a köd esetén, ugyanis a már leírtak szerint a zivatarok egy repülőtérre vonatkozó karakterisztikus élettartama sokkal rövidebb, mint a ködé. Elmondható, hogy a zivatar kialakulásának előrejelzésében – a feltételes valószínűség alapján –, a szolnoki repülőtér kimagasló teljesítményt nyújt, míg e tekintetben a pozsonyi repülőtér teljesít a leggyengébben.

6.2. A pontozásos módszer eredményei

6.2.1. Eredmények az összpontszám alapján

Miután a **4.3.2. fejezetben** leírtak alapján előállítottuk az egyes leszállási előrejelzések a négy vizsgált időjárási elemre vonatkozó pontszámait, a leszállási előrejelzést az ezek összegeként adódó pontszámmal jellemezhetjük. Annak érdekében, hogy láthassuk az előrejelzések jóságának időbeli alakulását, kiszámítottuk mind a nyolc repülőtérre az egyes évek átlagpontszámait a 2005-től 2013-ig terjedő időszakra. Ennek eredményei a **19. ábrán** láthatók.



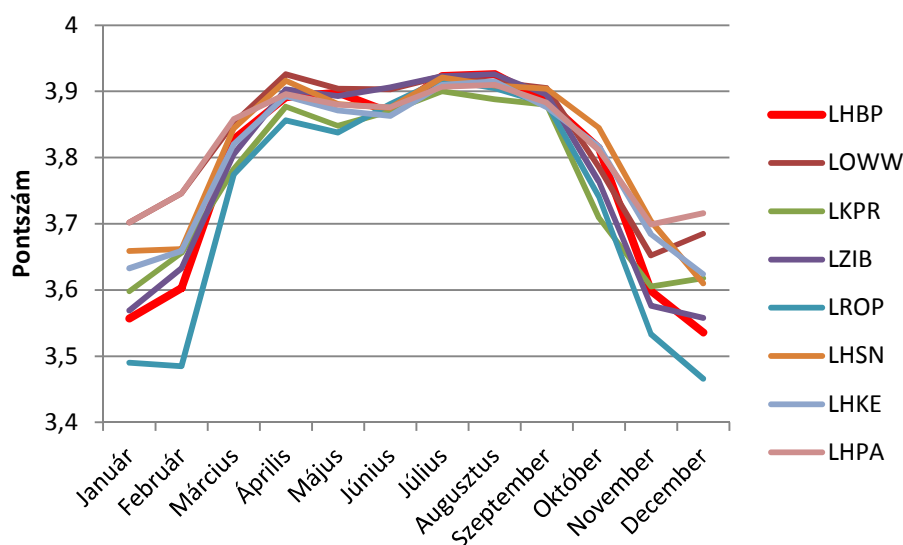
19. ábra: A leszállási előrejelzések éves átlagos összpontszámának alakulása.

2010 az elmúlt évszázad legcsapadékosabb éve volt Magyarországon (*Móring, 2011*), amely láthatóan megnehezítette az előrejelző szakemberek munkáját. Felmerülhet a kérdés, hogy a négy előrejelzendő időjárási elem közül melyik lehet a felelős az összpontszámokban mutatkozó ekkora mértékű csökkenésért. A válasz a **Függelék F1. ábráján** látható, amely

szerint a szél kivételével a többi előrejelzendő elem, a látástávolság, a jelenidő és a felhőzet értékei együttesen okozták az alacsonyabb összpontszámot. A repülőterek eredményeit tekintve összességében elmondható, hogy a bécsi repülőtér produkálja a legkiegyensúlyozottabb eredményeket, magyarországi viszonylatban pedig a katonai repülőterek teljesítenek legjobban.

A **Függelék F1. ábrája** alapján megvizsgáltuk, hogy az egyes előrejelzendő értékek, időjárási események terén hogy változnak a prognózisok évi átlagos pontszámai.

1. Látható, hogy a látástávolság előrejelzésére kapott pontszámok esetén mutatkozik a legnagyobb eltérés az egyes repülőterek között. Míg Bécs-Schwechat prognózisai a legpontosabbak, átlagosan 0,95 ponttal, addig a bukaresti repülőtéren kiadott leszállási előrejelzések kapták a legkevesebb pontot, átlagosan 0,89-et.
2. A szélelőrejelzések pontszámait illetően nem mutatkozik lényeges eltérés az egyes repülőterek között.
3. Jelenidő esetén szintén Bécs pontszámai a legmagasabbak és Bukarest pontszámai a legalacsonyabbak. Az átlagosan legjobban és leggyengébben teljesítő repülőtér pontszámai közötti különbség a román főváros repülőtérének ingadozó teljesítménye (a pontszámok szórása 0,01) miatt csupán 0,03 pontnak adódott.
4. A felhőzetre vonatkozó leszállási előrejelzések átlagos pontszáma minden évben 0,87 feletti. A vizsgált időszakra átlagolt pontszám alapján a prágai repülőtéren a leggyengébb, míg a pápai repülőtéren a leghatékonyabb a felhőzet előrejelzése rendre 0,9 és 0,95 ponttal.

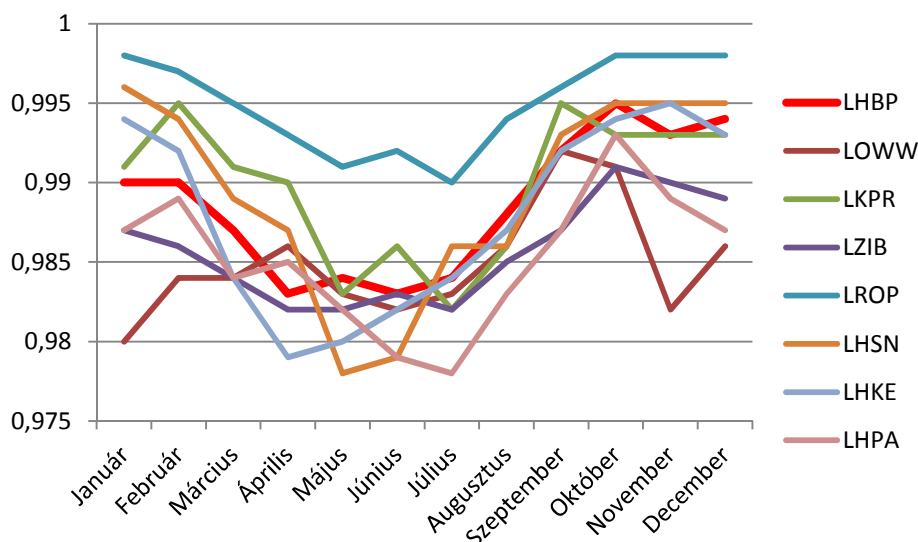


20. ábra: A leszállási előrejelzések havi átlagos összpontszámának változása.

A **20. ábrán** a 2005-től 2013-ig terjedő időszak alapján az egyes repülőterekre képzett havi átlagos összpontszám látható. Általánosan elmondható, hogy míg nyáron a legmagasabb az előrejelzések beválása, addig a téli hónapok prognózisai a leggyengébbek.

A repülőterek közötti legnagyobb különbség szintén télen mutatkozik, ekkor a szolnoki katonai repülőtéren készült előrejelzések a legmagasabb, a bukaresti prognózisok a legalacsonyabb pontszámúak. Nyáron az összpontszámokban adódó különbség igen csekély, az előrejelzések beválása között nincs lényeges eltérés.

A látástávolságra, a jelenidőre és a felhőzetre vonatkoztatott pontszámok az imént leírtakkal azonos menetet mutatnak (**Függelék F2. ábra**). A szél átlagos havi pontszáma (**21. ábra**) az előzőekkel ellentétes, ugyanis nyáron a termikek képződése esetén a feláramló levegő kompenzáló áramlásai rövid időn belül képesek gyökeresen megváltoztatni a felszínközeli szél irányát és sebességét (*Horváth, 2007*).



21. ábra: A szélre vonatkozó leszállási előrejelzések havi átlagos pontszámának változása.

6.2.2. Eredmények a „jó előrejelzések” alapján

Jogosan merül fel a kérdés, hogy az emberi tudás és tapasztalat miként mutatkozik meg a leszállási előrejelzések verifikációjának eredményeiben. Ennek megállapítása érdekében a különböző változásjelző csoportokkal kapcsolatban az alábbi tulajdonságokat definiáltuk.

- Jó NOSIG: az adott elemre vonatkozó perzisztencia prognózis pontszáma 1,
- Jó BECMG: a BECMG változásjelzővel bevezetett elem előrejelzési pontszáma jobb, mint a perzisztencia prognózis esetében,
- Jó TEMPO: a TEMPO változásjelzővel bevezetett elem előrejelzési pontszáma jobb, mint a perzisztencia prognózis esetében.

Ezek alapján értelemszerűen egy adott leszállási előrejelzést a fenti tulajdonságok közül több is jellemezhet annak függvényében, hogy az egyes előrejelzendő elemekre milyen változásjelző érvényes.

Az imént leírtakat a könnyebb megértés érdekében a következő példa METAR táviraton és leszállási előrejelzésen mutatjuk be:

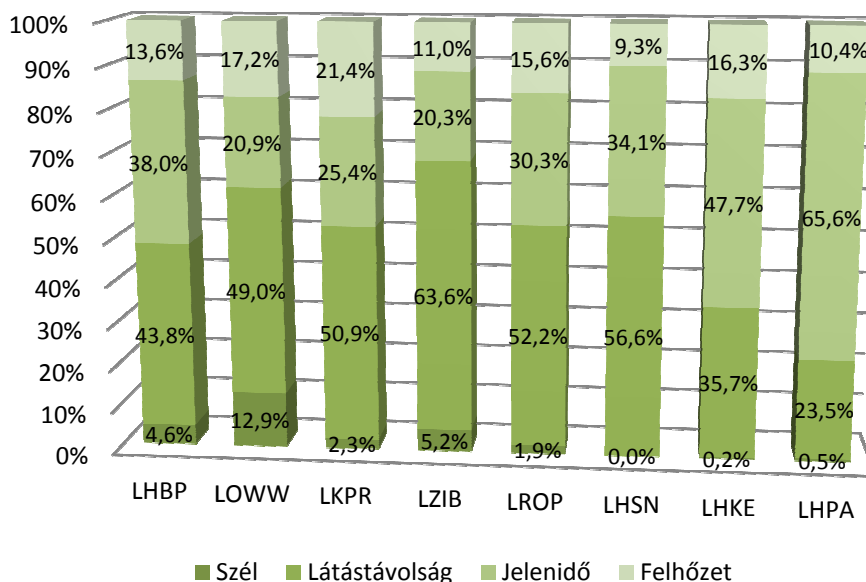
METAR LHBP 171345Z 12015KT 5000 -RA OCV015 BECMG 3000 TSRA TEMPO 22025KT

Szél esetén a TEMPO, látástávolság és jelenidő esetén a BECMG, végül felhőzet esetén a NOSIG jóságát vizsgáljuk, azaz a vizsgálat során mindig csak az adott elemre vonatkozó változásjelző csoportot vesszük figyelembe.

A „jó előrejelzések” arányát változásjelző csoportonként, minden előrejelzendő elemre vonatkozóan a következők szerint számítottuk:

$$\text{"Jó előrejelzés" aránya} = \frac{\text{"Jó előrejelzések" száma}}{\text{Az előrejelzések száma}}$$

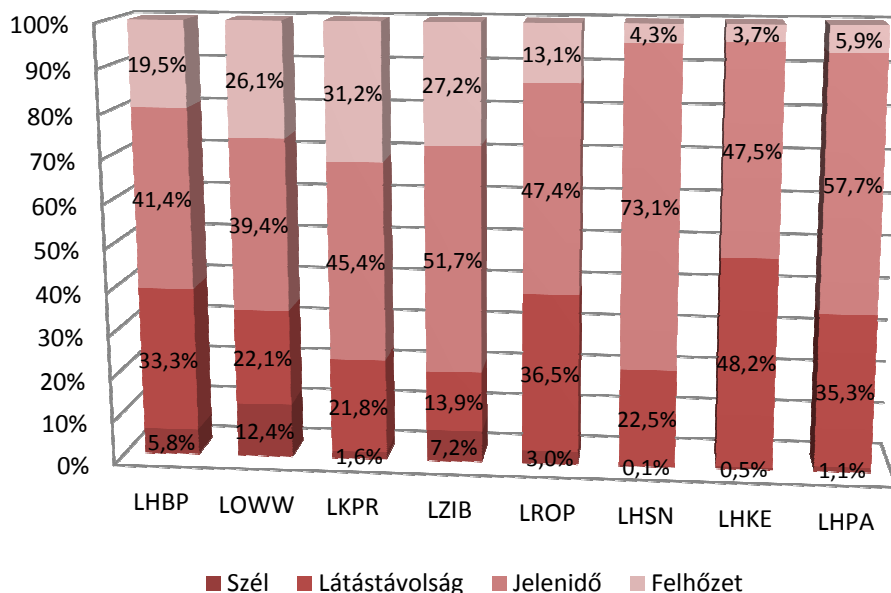
A 22. és 23. ábrán a nem NOSIG változásjelző csoportok után álló egyes előrejelzendő elemeknek az összes, adott elemre vonatkozó előrejelzéshez viszonyított aránya látható a 2005 és 2013 közötti időszakra vonatkozóan.



22. ábra: A TEMPO változásjelző mellett előrejelzett elemek aránya, 2005 és 2013 között.

Elmondhatjuk, hogy nyolc év alatt a repülőterek jellemzően a szél esetén használtak a legkevésbé a NOSIG-tól eltérő változásjelző csoportot. Ez a megállapítás különösen igaz a katonai repülőterekre. Általánosan legtöbbször a látástávolság esetén vártak időszakos változásokat (TEMPO), ami alól kivételt képez Kecskemét és Pápa, ahol az

elmúlt nyolc évben a jelenidőre adták ki a legtöbb TEMPO-t. Általánosan legtöbbször a jelenidő esetén vártak folytonos változást (BECMG), egyedül Kecskemét esetében szerepel gyakrabban látástávolság a BECMG mögött, 0,7%-os eltéréssel.



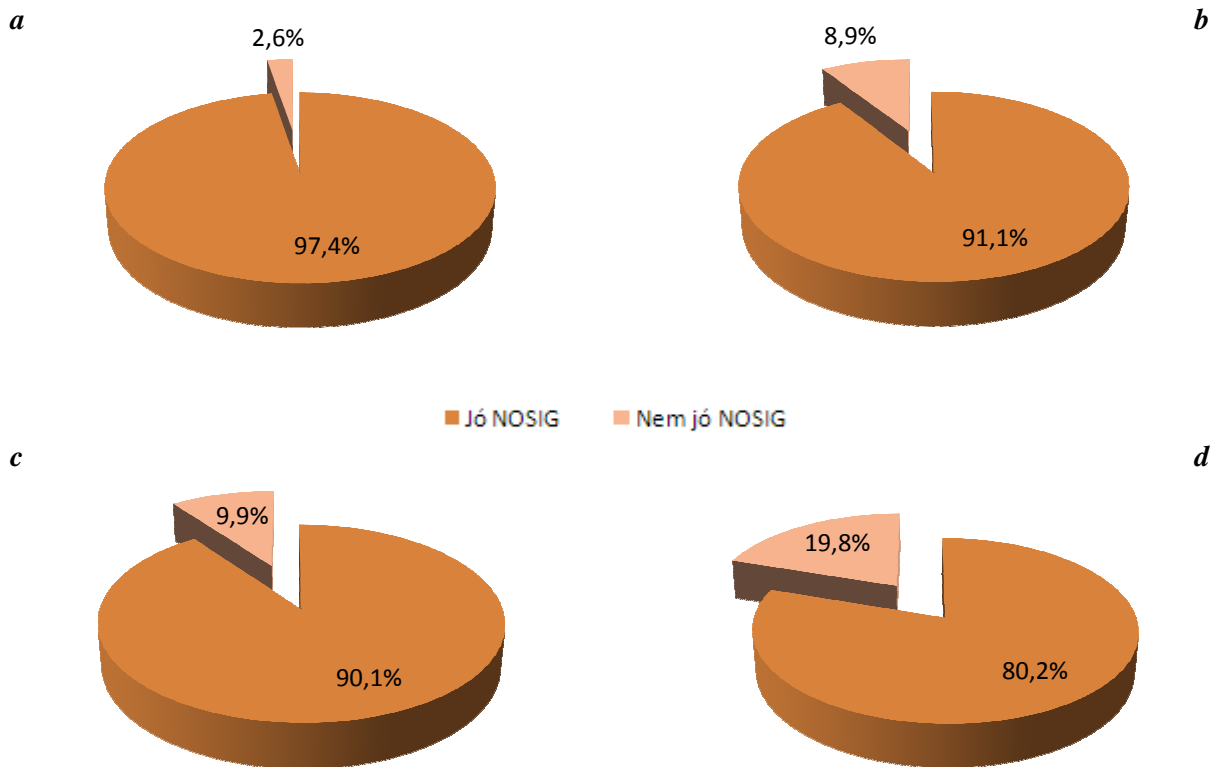
23. ábra: A BECMG változásjelző mellett előrejelzett elemek aránya, 2005 és 2013 között.

A 24., 25. és 26. ábrán a már definiált „jó előrejelzések” arányait láthatjuk az egyes előrejelzendő elemekre vonatkoztatva a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren. Az 1 pontos, jó perzisztencia prognózis (jó NOSIG) aránya a szél esetén a legjobb 97,6%-kal, a látástávolság és jelenidő esetén ennél kisebb, körülbelül azonos eredményt kaptunk, rendre 91,1% és 90,1%-kal. A felhőzet esetén mutatkozott legkevesebbnek a jó NOSIG aránya, az előbbieknél 10%-kal kevesebbel, 80,2%-kal.

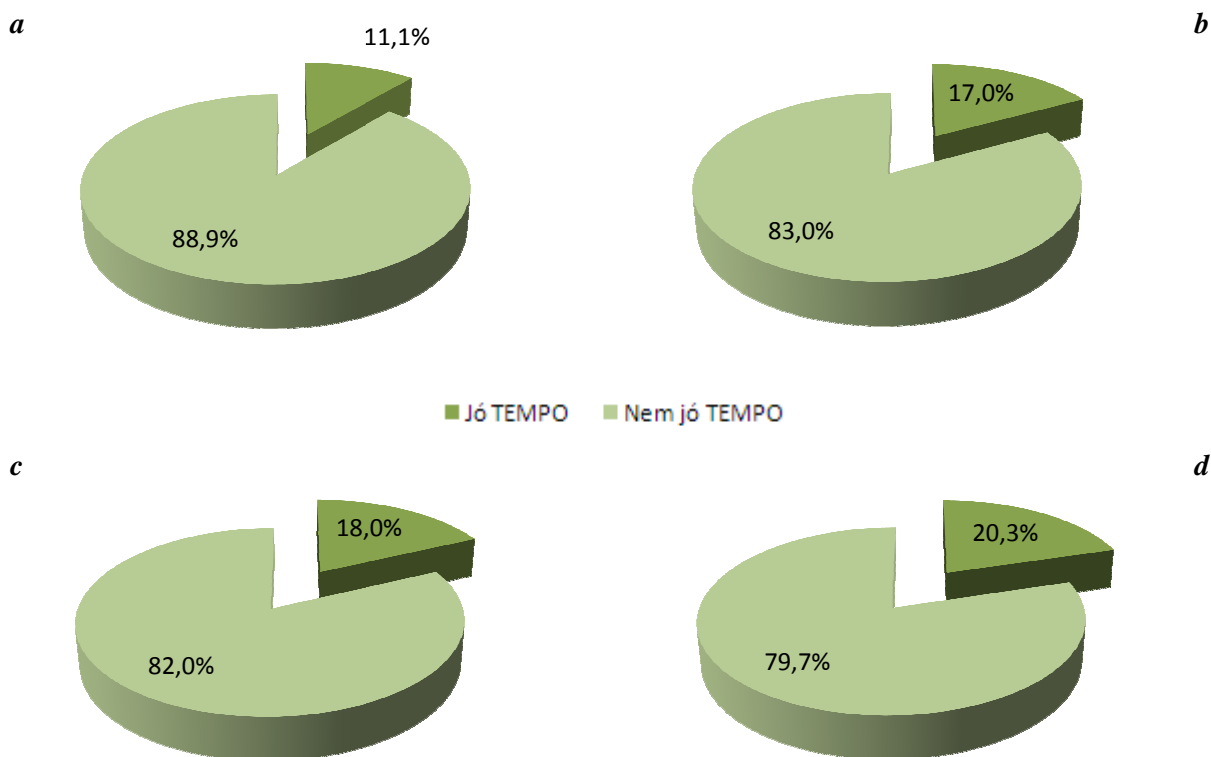
A perzisztencia prognózisnál jobb pontszámot kapott TEMPO-t tartalmazó előrejelzések aránya esetén a jelenidő előrejelzése a legpontosabb, a szóban forgó arány 20,3%-nak adódott. A perzisztenciánál jobb látástávolságra és a felhőzetre adott időszakos változások aránya közel megegyezik, értékük rendre 17% és 18%. A szél esetén a legkisebb a jó TEMPO-k aránya, szám szerint 11,1%.

A perzisztencia prognózisnál több pontot kapott BECMG-ot tartalmazó előrejelzések aránya a látástávolság esetén a legmagasabb, 39,3%. A második legjobb aránnyal a jelenidő rendelkezik, míg a harmadikkal a felhőzet, rendre 31%-kal és 27,8%-kal. A legkisebb arány a jó TEMPO-hoz hasonlóan a szélnél adódik, 23,8%.

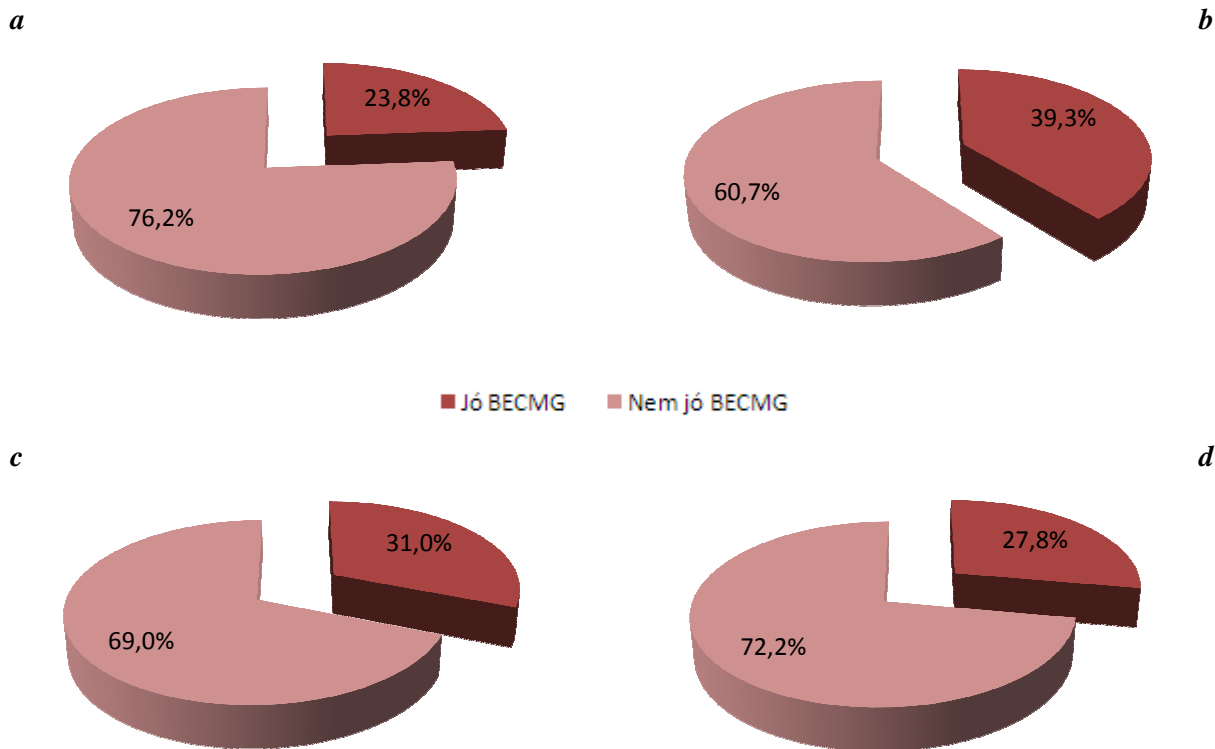
Összességében elmondható, hogy a három változásjelző csoport esetén a legmagasabb „jó arányokkal” a NOSIG rendelkezik, majd a BECMG és végül a legalacsonyabbakkal a TEMPO.



24. ábra: A jó NOSIG aránya szél (a), látástávolság (b), jelenidő (c) és felhőzet (d) esetén, Budapesten (LHBP).



25. ábra: A jó TEMPO aránya szél (a), látástávolság (b), jelenidő (c) és felhőzet (d) esetén, Budapesten (LHBP).

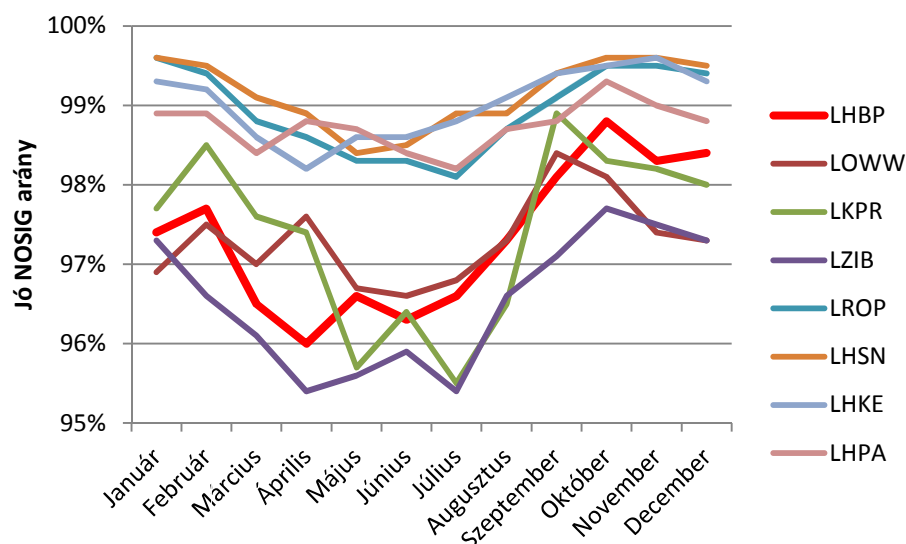


26. *ábra*: A jó BECMG aránya szél (a), látástávolság (b), jelenidő (c) és felhőzet (d) esetén, Budapesten (LHBP).

Miután a fejezet elején definiált fogalmak arányait az előrejelzendő elemenként áttekintettük a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtérre vonatkozóan a 2005 és 2013 között kiadott leszállási előrejelzések alapján, megvizsgáltuk, hogy milyen éves és havi menetet mutatnak a budapesti és az egyéb repülőtereken.

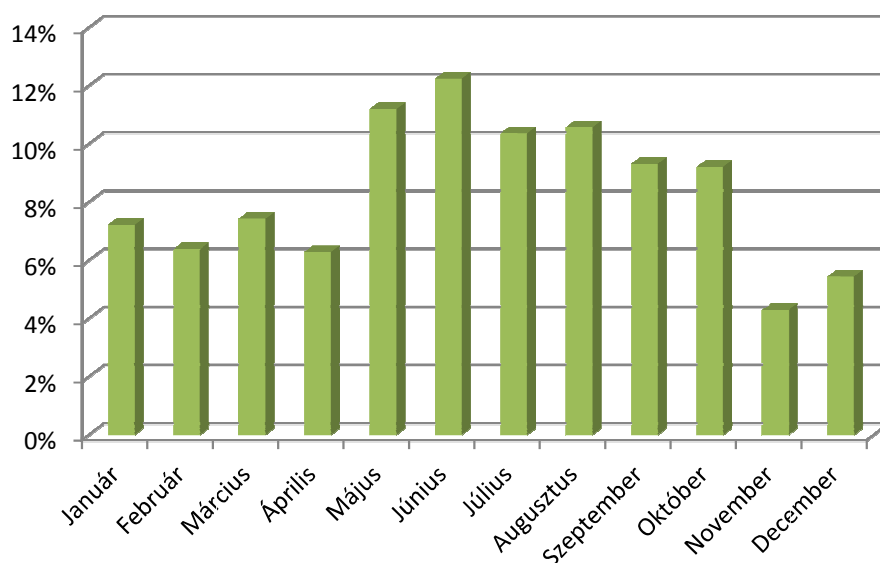
A 22. és 23. *ábra* alapján a repülőterek a szél esetén nem perzisztencia prognózisból keveset adtak ki a vizsgált időszakban, ezért csak a jó NOSIG-ok arányát mutatjuk be. A 4.3.2.1. *fejezetben* leírtak alapján a pontozásos algoritmus kezeli a pályairány váltásának előrejelzését, azonban a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtér gyakorlatán kívül, az egyéb repülőterek pályairányváltásának módszere nem ismert. Az alábbi, 27. *ábrán* az összehasonlíthatóság érdekében a budapesti repülőtéren sem vesszük figyelembe a pályairány váltásának a prognózisok pontszámára gyakorolt hatását.

Egyéb elemekkel összevetve, a szél esetén magasabb arányban szerepelnek az 1 pontos perzisztencia prognózisok, a nyolc év alatt átlagosan 96,5–98,9%-kal. A jó NOSIG-ok aránya a bukaresti repülőtéren a legmagasabbak, a pozsonyi repülőtéren a legalacsonyabbak (*Függelék F3. ábra*).



27. ábra: A szél jó NOSIG aránya havi bontásban a 2005–2013 közötti előrejelzések alapján.

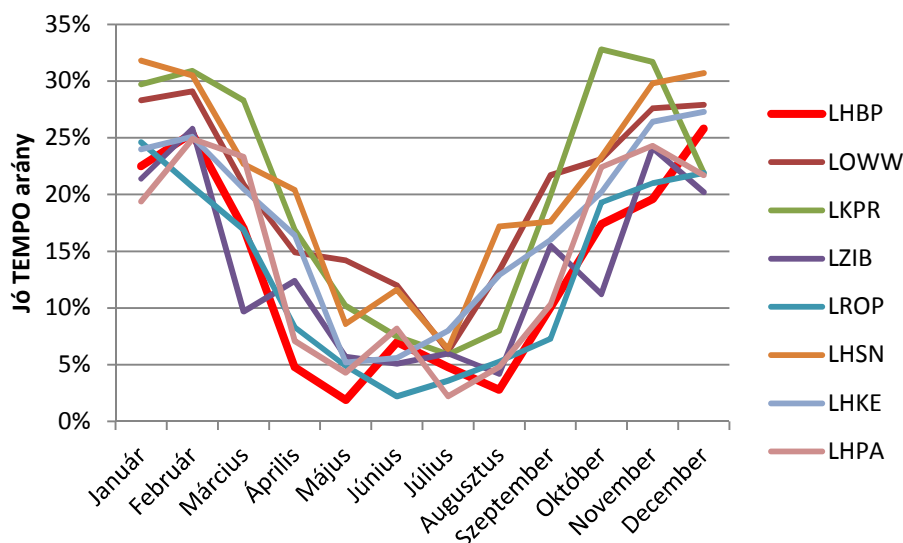
A 27. ábrán látható a szél jó NOSIG aránya havi bontásban. Elmondható, hogy a szélre kapott pontszámhoz hasonlóan, a fokozott termikképződés következtében a nyári félévben a legkisebb a pontos perzisztencia prognózisok aránya. Míg 98% felett alakul a jó NOSIG aránya a bukaresti, a szolnoki, a kecskeméti és a pápai repülőtereken, addig az őszi hónapok kivételével az egyéb repülőtereken 98% alatti. A nyári félévben a szél előrejelzésének nehézségét tükrözi a 28. ábra, ami a Budapesti Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren a pályairány előrejelzésének 4.3.2.1. fejezetben leírtak szerinti összes elhibázásának havi arányát mutatja 2007 és 2013 között kiadott leszállási előrejelzések alapján.



28. ábra: A pályairányváltás miatti hibás szélelőrejelzések száma havi bontásban a Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtéren 2007 és 2013 között.

A látástávolság esetén az éves átlagokat tekintve a maximális pontszámmal rendelkező perzisztencia prognózisok arányának különbsége az ezen a téren legjobban és leggyengébben teljesítő repülőterek között közel 8% (*Függelék F3. ábra*). A Bécs-Schwechat repülőtéren a legmagasabb a jó NOSIG-ok aránya, átlagosan 95,1%, valamint kiegyensúlyozottságát mutatja, hogy az adott évekre átlagolt arányok szórása 1% alatti. Ugyanez nem mondható el az átlagosan 87,3% jó NOSIG-gal rendelkező bukaresti és a budapesti repülőtérrel, ahol az arányok szórása rendre 2% és 2,5%. A havi átlagos arányokat tekintve elmondhatjuk, hogy a nyárral ellentétben, a téli hónapokban kevésbé pontos eredményeket kaphatunk a perzisztencia prognózis alkalmazásával. Míg júniusban, júliusban és augusztusban mind a nyolc repülőtéren 95% feletti a jó NOSIG-ok aránya, addig decemberben és januárban 90% alatti. Az éven belüli arányok eloszlását tekintve ismét elmondható, hogy a bécsi repülőtér nyújtja a legstabilabb teljesítményt 0,5%-os szórással.

A perzisztencia prognózisnál jobb, látástávolságra vonatkozó TEMPO-zott előrejelzések aránya a jó NOSIG arányának körülbelül egyharmada, repülőterenként értéke átlagosan 13% és 25,8% között változik (*Függelék F5. ábra*). Az évek folyamán a szolnoki katonai és a bécsi repülőtér jó TEMPO-i a legmagasabb arányúak, amelyek folyamatos emelkedő tendenciát mutatnak, így 2013-ra elérték a 30% feletti értéket. A **29. ábrán** a jó TEMPO-k arányának éven belüli menete látható. Elmondhatjuk, hogy a szóban forgó változásjelző csoport használata a téli félévben következetesebb, ugyanis ekkor a vizsgált arány minden repülőtér esetén 20% feletti, addig nyáron 10–15% alatti.

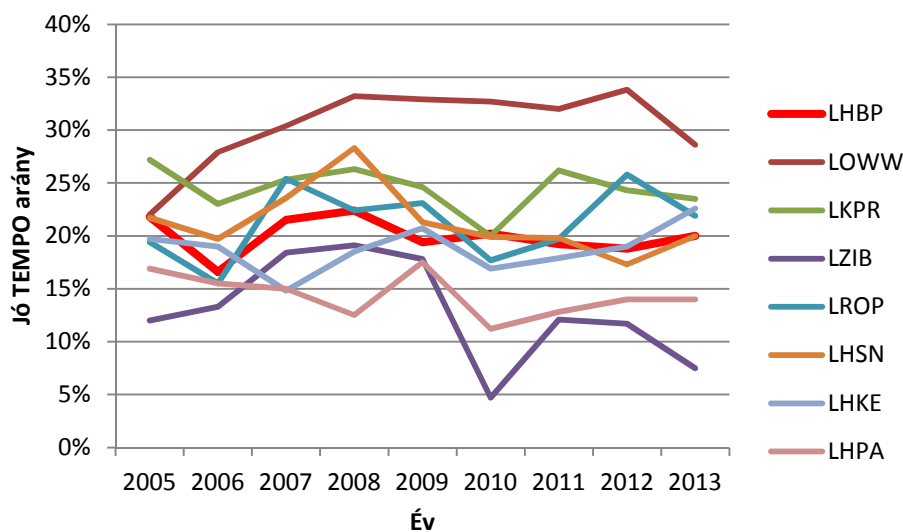


29. ábra: A látástávolság esetén a jó TEMPO aránya havi bontásban a 2005–2013 közötti előrejelzések alapján.

BECMG esetén a perzisztencia prognózisnál jobb előrejelzések aránya az időszakos változást jelző csoportnál mutatkozóhoz képest körülbelül 20%-kal több, azaz 35–50%. Ez arra enged következtetni, hogy a folytonos változást jelentő csoport használata nagyobb pontossággal párosul, mint a TEMPO esetében. A havi, valamint az éves átlagos arányok alapján elmondhatjuk, hogy ismét Bécs-Schwechat nyújtja a legjobb és legkiegyensúlyozottabb teljesítményt (*Függelék F7. ábra*).

A jelenidő tekintetében a pontos perzisztencia prognózisok aránya átlagosan 87,8% és 92,5% között mozog, így a repülőterek teljesítménye közötti különbség a látástávolság jó NOSIG arányához képest csökkent. A vizsgált időszak utolsó négy évében a bécsi mellett a szolnoki és a pápai repülőtér perzisztencia prognózisai bizonyultak a legpontosabbnak (*Függelék F3. ábra*). Láthatjuk, hogy a 2010-es évben a jó NOSIG-ok aránya a többi évhez képest, a látástávolsághoz hasonlóan jelentősen csökkent. A vizsgált arányok havi bontásában mutatkozó kép a látástávolság esetén látott menetet mutatja, azonban a nyári hónapokban a görbék maximuma közel 2,5–3%-kal kevesebbnek, megközelítőleg 95%-nak adódott.

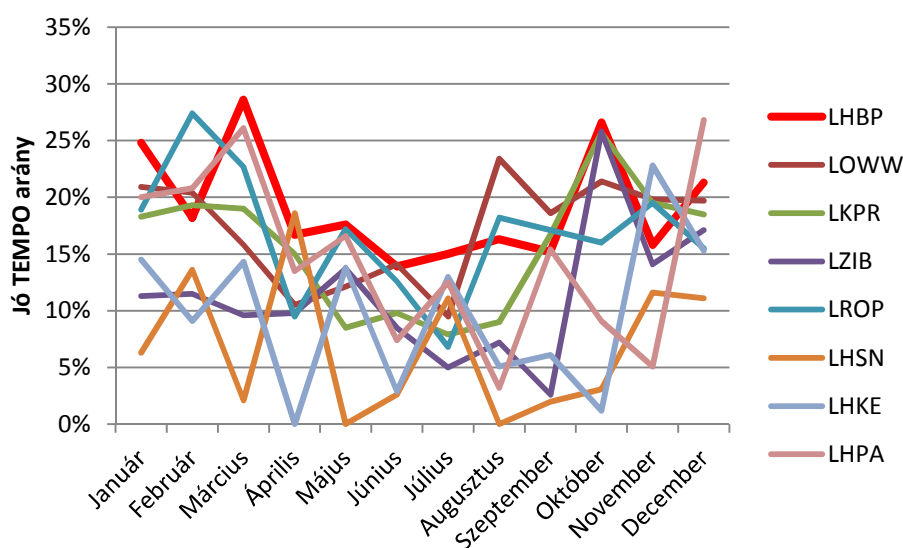
A perzisztencia prognózisnál eredményesebb, jelenidőre vonatkozó TEMPO-k arányának éves bontása az alábbi, *30. ábrán* látható. Elmondhatjuk, hogy az ausztriai főváros repülőterén adják ki a legtöbb jó TEMPO-t, ami a vizsgált változásjelzőt tartalmazó előrejelzéseknek valamivel több, mint egyharmada. Magyarországi viszonylatban a szolnoki repülőtér használja a TEMPO-t a legkövetkezetesebben. A legkisebb arány, főként az időszak második felében a pozsonyi repülőterén mutatkozik.



30. ábra: A jelenidő esetén a jó TEMPO aránya éves bontásban a 2005–2013 közötti előrejelzések alapján.

A perzisztencia prognózisnál jobb BECMG előrejelzések esetén szintén a bécsi repülőtérén készült prognózisok a legeredményesebbek, a jó BECMG-ok aránya 40% és 50% között ingadozik (*Függelék F7. ábra*). Ezzel szemben a többi repülőtérén 30% és 40% közötti értékekről beszélhetünk. Magyarországon a legkövetkezetesebben Pápán használják a BECMG változásjelző csoportot. A havi bontásban Bécs-Schwechat többi repülőtérhez képesti pontossága mellett egyfajta nyári maximum is kitűnik több görbe esetén is (LHBP, LOWW, LKPR, LROP és LHSN), tehát ekkor a legtöbb a jó BECMG-ok száma.

Végül a felhőzet esetén a pontos perzisztencia prognózisok aránya a már bemutatott három elemhez képest lényegesen alacsonyabb. Míg a legjobb jó NOSIG aránnyal a pápai repülőtér rendelkezik, átlagosan 87,2%-kal, addig a leggyengébbel Prága, 76,7%-kal (*Függelék F3. ábra*). Ebből adódóan láthatjuk, hogy a felhőzet esetén van a legnagyobb különbség a repülőterek között a jó perzisztencia prognózist illetően. Több repülőtérén a látástávolság és a jelenidő mellett, a felhőzet tekintetében is 2010-ben a legalacsonyabb a vizsgált arány. Havi bontásban a jó NOSIG-ok aránya a látástávolságnál és jelenidőnél kapott görbével analóg eloszlást mutat, ám a repülőterek között mutatkozó különbség markánsabb (*Függelék F4. ábra*).



31. ábra: A felhőzet esetén a jó TEMPO aránya havi bontásban a 2005–2013 közötti előrejelzések alapján.

A jó TEMPO-kat tekintve elmondhatjuk, hogy a jó NOSIG-hoz hasonlóan, a többi előrejelzendő elemhez képest a felhőzet esetén markánsabb szórást mutatnak. Míg a bécsi és a budapesti repülőtér 2008-tól ad stabil, 10% feletti értékeket, addig egyéb reptereken az évek közötti ingadozás számottevőbb. A *31. ábra* a jó TEMPO-k arányát szemlélteti. Több repülőtér esetén nyári minimumot láthatunk (LHBP, LOWW, LKPR és LROP), emellett

megállapítható a Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtér használja a legkövetkezetesebben a vizsgált változásjelzőt. Az eddigiektől eltérően viselkednek a katonai repülőterek, ugyanis ezek arányai a legkisebbek.

A perzisztenciánál jobb eredményt elérő BECMG-ot tartalmazó előrejelzések száma a felhőzet esetén mutatkozik a legalacsonyabbnak, a legtöbb repülőtér tekintetében arányuk az éves átlagot nézve 40% alatt marad (*Függelék F7. ábra*). A legtöbb jó BECMG-ot a bécsi repülőtér produkálja, ahol ezek aránya mindvégig 30% feletti. Kiemelhető továbbá a budapesti és a prágai repülőtér is, ugyanis a szóban forgó arány 20% alá nem csökken egy évben sem. A pápai és a szolnoki repülőtéren ugyanez meglepően alacsony, mindvégig 10% alatti. Ha a jó BECMG-ok éven belüli eloszlását nézzük, a repülőterekre imént levont következtetések szintén helytállóak, továbbá több repülőtér esetén nyári minimumot vehetünk észre (*Függelék F8. ábra*).

7. Eredmények értékelése, összefoglalás

A dolgozat témáját adó leszállási előrejelzések az ultrarövidtávú prognózisok egy olyan speciális esetét jelentik, amelyben az általános térbeli előrejelzésekkel szemben egy adott koordinátájú pont (repülőtér) jövőbeli időjárását fogalmazzuk meg. Ezen felül az időtáv, amin dolgozunk, a *nowcasting* feladatokon belül is rövidnek számít: 1–2 óra. Ez a két tulajdonsága adja elkészítésének főbb nehézségeit.

Magyarországon nincs fellelhető információ az ultrarövidtávú előrejelzések beválásáról, így jelen dolgozat elkészültéig a személy- és vagyonbiztonság, valamint a repülőtér gazdaságos üzemeltetése szempontjából oly fontos leszállási előrejelzések pontosságáról sem készült átfogó vizsgálat. Emiatt merült fel az igény a *HungaroControl Zrt.* Repülésmeteorológiai részlegén dolgozó meteorológusok részéről egy olyan, az időbeli pontosságra is érzékeny pontozásos módszer elkészítésére, amely az *ICAO Annex 3 (2013)* által előírt pontossági követelményeken alapszik.

Annak érdekében, hogy más *nowcasting* feladattal is összevethető legyen a leszállási előrejelzések beválása, a pontozásos módszer mellett több eseményre elvégeztük a 2-kategóriás kontingencia táblán alapuló, úgynevezett kategóriás verifikácót, amely a leszállási előrejelzés két órás érvényességi időtartamán számítja ki az általánosan használt verifikációs mérőszámokat.

A kategóriás verifikáció eredményei közül bemutattuk az évszakoknak megfelelően gyakran előforduló, a repülésre veszélyes időjárás jelenségekre, a ködre és a zivatarra számított *Heidke skill score (HSS)* értékeit a 2005-től 2013-ig terjedő időszakra vonatkozóan átlagos éves, illetve havi bontásban. Ezek alapján elmondhatjuk, hogy a *HSS* értékei függenek az események relatív gyakoriságaitól, ami áttételesen kapcsolatba hozható emberi tényezőkkel is. Emellett láttuk, hogy a Budapest Liszt Ferenc repülőtéren a vizsgált időszakban a köd előrejelzések beválása voltaképpen stagnál, míg a zivatar előrejelzésének jósága határozott emelkedő tendenciát mutat. Ebből arra következtethetünk, hogy az Országos Meteorológiai Szolgálatnál bevezetett veszélyjelző szolgálat egyik fő fókuszának tekintett zivatarok, illetve a zivataros jelenségekhez köthető heves eseményekre terelődött nagyobb figyelem pozitívan jelenik meg a leszállási előrejelzések jóságában is. Ugyanakkor arra is felhívja a figyelmet, hogy a kis látástávolságok előrejelzésének pontosítására a jövőben érdemes nagyobb hangsúlyt fektetni, hiszen a klimatológiailag hasonló adottságú repülőtereken rendre jobb látástávolság-prognózisok készülnek.

A pontozásos módszer eredményeit vizsgálva megállapítottuk, hogy a leszállási előrejelzések nagyban függenek az időjárás mivoltától. Míg a 2007-es év az elmúlt évszázad legmelegebb éve volt (*Schlanger, 2008*) és az éves átlagos összpontszám alakulásában több repülőtér esetén lokális maximumként jelentkezik, addig 2010-ben az időjárás messzemenőleg a legtöbb csapadékot produkálta az elmúlt évszázad folyamán (*Móring, 2011*), amivel az előrejelzőknek nagy nehézséget okozott, így a 2010-re átlagolt összpontszám abszolút minimum jelentkezik. Ehhez a minimumhoz a szél kivételével, a többi előrejelzendő elem pontszámai járultak hozzá. A havi átlagos összpontszámokat tekintve elmondhatjuk, hogy a vártaknak megfelelően az előrejelzések a nyári hónapokban lényegesen jobbnak bizonyultak, mint a téli hónapokban.

A leszállási előrejelzések értékeléséhez bevezettük az úgynevezett „jó előrejelzések” fogalmát, amelyek az adott előrejelzendő elemet tekintve a maximális beválású perzisztencia, illetve a perzisztenciánál jobb TEMPO-t és BECMG-ot tartalmazó prognózisokat jelentik. Az elvégzett vizsgálatok is alátámasztják azt a sejtést, hogy ezekben az ultrarövidtávú előrejelzésben nagyon nehéz a perzisztencia prognózisnál jobban teljesíteni. Ez általában a *nowcasting* előrejelzési feladatok sajátos jellemzője, amely a leszállási előrejelzéseknél még nagyobb hangsúlyt kap, ugyanis a feladat lényege éppen a két órán belüli szignifikáns változás prognosztizálása.

A magyarországi katonai repülőterek a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi repülőtérhez képesti nagyfokú pontossága arra enged következtetni, hogy az ultrarövidtávú előrejelzések tekintetében a mai kor fejlett mezoskálájú numerikus előrejelzési modelljei mellett az előrejelzést készítő szinoptikus helyismerete és tapasztalata továbbra is nagyban hozzájárul a prognózisok pontosságához.

Miután a leszállási előrejelzésben – természetéből adódóan – a látástávolság és a felhőalap kapja a főszerepet, további lehetséges kutatási témát jelenthet a kis látástávolságok és az alacsony felhőalap rövidtávú előrejelezhetőségének vizsgálata, és prognosztizálásának pontosítása

Ahhoz továbbá, hogy a leszállási előrejelzések beválását érdemben javítani lehessen, érdemes első lépésként egy – akár a jelen diplomamunkán alapuló – verifikációs módszert beépíteni az operatív munkába, ami által folyamatos, objektív visszajelzést kapnánk az előrejelzői munkáról. Az eredmények megfelelő értékelése után információval szolgálna az operatív gyakorlatba beépített *nowcasting* döntéstámogató rendszerek megbízhatóságáról, jóságáról, valamint támpontunk lenne abban, hogy ezek a rendszerek képesek-e jobban teljesíteni a helyi tapasztalat felhasználásával készült leszállási előrejelzéseknél.

8. Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt köszönettel tartozom témavezetőmnek, *Kardos Péternek*, aki lelkiismeretes munkájával, szaktudásával, idejét nem sajnálva koordinálta dolgozatom elkészültét, rengeteg hasznos tanáccsal látott el és bevezetett a PHP programozás rejtelmeibe. Köszönetet mondok a *HungaroControl Zrt.* valamennyi *dolgozójának*, akik a diplomamunka írását megelőző nyári gyakorlat lehetőségét biztosították, valamint akik ennek keretében bármilyen formában segítségemre voltak, akik szakmai fejlődésemet segítették.

Köszönettel tartozom *Soósné dr. Dezső Zsuzsannának*, aki stilisztikai tanácsok sokaságával látott el, és segített a dolgozat szövegének véglegesítésében.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm *családomnak* és *barátaimnak* egyaránt, hogy egyetemi éveim alatt támogattak, bátorítottak, és mellettem álltak dolgozatom elkészítésében.

9. Irodalomjegyzék

- Balzer, K.*, 1995: TAF Verifikation. Eine Dokumentation der Methodik. Deutscher Wetterdienst, 1995.
- 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.
- Gordon, N. D.*, 1993: Verification of terminal forecasts. In Proceedings Fifth International Conference on the Aviation Weather System. Vienna, Virginia, 1993.
- Harris, G.*, 1998: The UKMO TAF Verification Scheme. London, 1995.
- Horváth, Á.*, 2007: A légköri konvekció összetevői. In: A légköri konvekció (szerk.: *Horváth, Á.*). OMSZ, Budapest, 4–17 p.
- 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.
- Móring, A.*, 2011: A 2010. év időjárása. *Légkör*, 56, 38–42 p.
- 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., Wantuch, F., 2005: Repülésmeteorológia. OMSZ, Budapest, 272 p.*
- Sándor, V., Bozó, J., 2011: Jelentés az Országos Meteorológiai Szolgálat, mint léginavigációs szolgáltató 2010. évi tevékenységéről. OMSZ, Budapest, 9 p.*
- Schlanger, V., 2008: A 2007. év időjárása: rekord meleg. . Léggör, 53, 15–19 p.*
- Takács, P., 2010: Budapest-Ferihegy Nemzetközi repülőtér szélviszonyainak vizsgálata és szélelőrejelzési módszerek. Diplomamunka, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, Témavezető: Kardos Péter, 92 p.*
- Üveges, Z., 2010: Munkautasítás: Repülőtéri előrejelzések (TAF) verifikálása. OMSZ, Budapest, 19 p.*
- Wantuch, F., 2008: Repülésmeteorológiai előrejelzések beválásának automatikus kiértékelése katonai repülőtereken. Repüléstudományi Konferencia, Szolnok, 2008.*

Internetes hivatkozások

[1 – *AIRportal.hu*]: http://www.airportal.hu/bud_lhbp_spotter_kalauz/chart_apr.png

[2 – *Wetter3.de*]: <http://wetter3.de/Archiv/index.html>

[3 – *Wyoming Weather Web*]: <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

10. Függelék

F1. A SPECI kiadásának kritériumai

A távirat kiadásának kritériumai az *ICAO Annex 3 / WMO Technical Regulations* ajánlásai alapján:

- Ha a levegő hőmérséklete a legutóbbi észlelés óta 2 °C-ot vagy annál többet emelkedett.
- Ha az utolsó észlelés ideje óta a szélirány változása legalább 60° és a szél erőssége a változás előtt és/vagy után eléri, vagy meghaladja a 10 csomót.
- Ha az utolsó észleléshez képest az átlagos szélerősség változása eléri vagy meghaladja a 10 csomót.
- az utoljára jelentetthez képest a lökések legalább 10 csomóval eltérnek, miközben az átlagos szélesebesség a változás előtt vagy után eléri a 15 csomót.
- Ha a szél úgy változik, hogy befolyásolja a repülőtér működését.
- Ha a látástávolság eléri vagy átlépi a 800, 1500, 3000, 5000 méteres határokat.
- Ha a pályamenti látástávolság eléri vagy átlépi a 150, 350, 600 vagy 800 méteres határt.
- Ha az alábbi jelenségek bekövetkeznek, megszűnnek vagy intenzitásuk változik:
 1. ónos csapadék,
 2. túlhűlt köd,
 3. közepes vagy erős intenzitású csapadék (ide értve a záporokat is)
 4. jégtű,
 5. alacsony por-, homok- vagy hófúvás,
 6. por-, homok- vagy hófúvás (ide értve a hóvihart is),
 7. porvihar,
 8. homokvihar,
 9. zivatar (csapadékkal vagy anélkül),
 10. szélroham,
 11. felhőtölcsér (tornádó vagy víztölcsér).
- Ha 1500 láb alatti felhőzet SKC, FEW vagy SCT mennyiségről BKN vagy OVC mennyiségre változik.
- Ha OVC vagy BKN mennyiségű felhőzet átlépi a következő magassági szinteket: 100, 200, 500, 1000 és 1500 láb (30, 60, 150, 300 és 450 m), továbbá fel kell tüntetni, ha 1500 láb alatt a felhőzet FEW vagy SCT mennyiségről BKN-re vagy OVC-re növekszik, vagy BKN/OVC-ről FEW/SCT-re csökken.
- Ha a függőleges látástávolság eléri vagy átlépi a 100, 200, 500 vagy 1000 lábás határt.

F1-1. táblázat: A jelenidő pontozásához használt hasonlósági mátrix (Amely jelenidő párok nincsenek feltüntetve, 0 pontot érnek).

	+FZDZ	-FZDZ	FZDZ	+FZRA	-FZRA	FZRA	+RA	RA	+SN	SN	+DZ	DZ	+PL	PL	+SG	SG	+GS	GS	+SNRA	SNRA	+RASN	RASN	+SHRA	SHRA
+FZDZ	1	0,6	0,8	0,4	0,8	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-FZDZ	0,6	1	0,8	0	0,4	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FZDZ	0,8	0,8	1	0,2	0,6	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+FZRA	0,4	0	0,2	1	0,6	0,8	0	0	0	0	0	0	0,7	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-FZRA	0,8	0,4	0,6	0,6	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FZRA	0,6	0,2	0,4	0,8	0,8	1	0	0	0	0	0	0	0,5	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+RA	0	0	0	0	0	0	1	0,8	0	0	0,4	0,2	0	0	0	0	0	0	0,25	0,15	0,5	0,3	0,5	0,8
RA	0	0	0	0	0	0	0,8	1	0	0	0,6	0,4	0	0	0	0	0	0	0,15	0,25	0,3	0,5	0,3	0,5
+SN	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,8	0	0	0	0	0,5	0,3	0,3	0,2	0,5	0,3	0,25	0,15	0	0
SN	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	1	0	0	0	0	0,3	0,5	0,2	0,3	0,3	0,5	0,15	0,25	0	0
+DZ	0	0	0	0	0	0	0,4	0,6	0	0	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DZ	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0	0	0,8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+PL	0	0	0	0,7	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	1	0,8	0,5	0,3	0,5	0,3	0	0	0	0	0	0
PL	0	0	0	0,5	0,5	0,7	0	0	0	0	0	0	0,8	1	0,3	0,5	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0
+SG	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25	0	0	0,5	0,3	1	0,8	0,5	0,3	0	0	0	0	0	0
SG	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,5	0	0	0,3	0,5	0,8	1	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0
+GS	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,15	0	0	0,5	0,3	0,5	0,3	1	0,8	0	0	0	0	0	0
GS	0	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0,3	0	0	0,3	0,5	0,3	0,5	0,8	1	0	0	0	0	0	0
+SNRA	0	0	0	0	0	0	0,25	0,15	0,5	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,8	0,5	0,25	0	0
SNRA	0	0	0	0	0	0	0,15	0,25	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	1	0,25	0,5	0	0
+RASN	0	0	0	0	0	0	0,5	0,3	0,25	0,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25	1	0,8	0,4	0,2
RASN	0	0	0	0	0	0	0,3	0,5	0,15	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,5	0,8	1	0,2	0,4
+SHRA	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,2	1	0,8
SHRA	0	0	0	0	0	0	0,75	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0,8	1
+SHSN	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,2	0	0	0	0
SHSN	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0	0	0	0
+TSRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-TSRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TSRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

F1-2. táblázat: A jelenidő pontozásához használt hasonlósági mátrix (Amely jelenidő párok nincsenek feltüntetve, 0 pontot érnek).

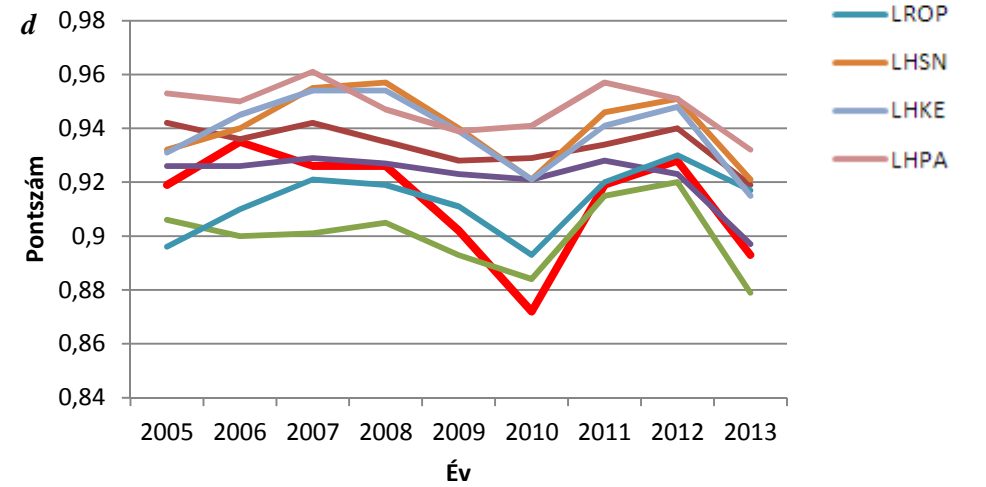
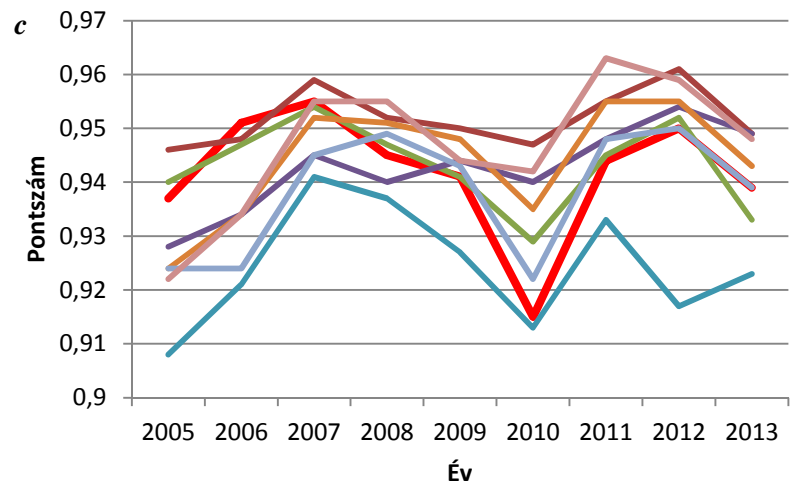
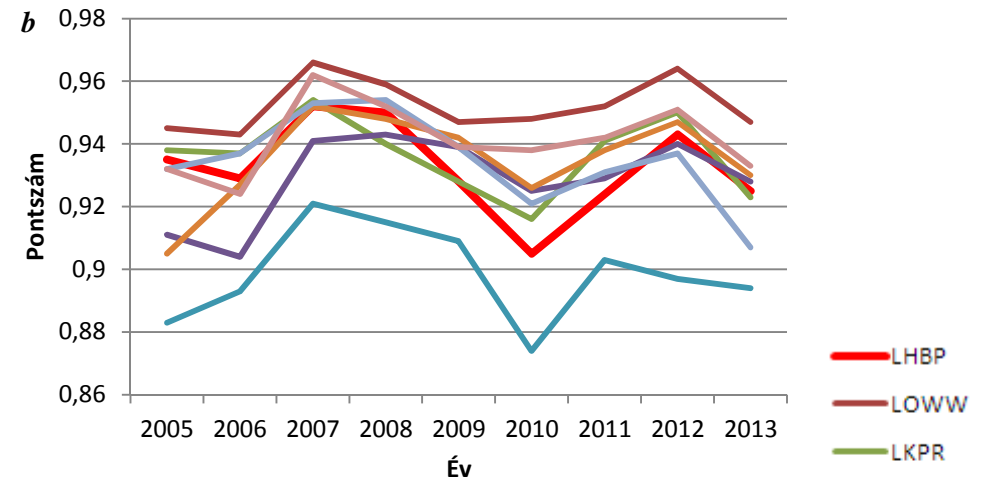
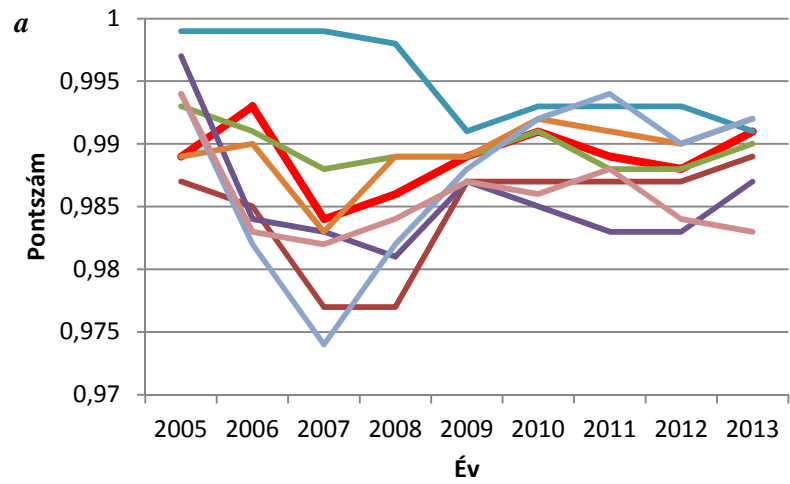
	+SHSN	SHSN	+TSRA	-TSRA	TSRA	+TSSN	-TSSN	TSSN	+TSGR	-TSGR	TSGR	+TSRASN	-TSRASN	TSRASN	+TSSNRA	-TSSNRA	TSSNRA	+TSRAGR	-TSRAGR	TSRAGR	DS	IC	FZFG	DRDU
+FZDZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-FZDZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0
FZDZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+FZRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-FZRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FZRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+RA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+SN	0,5	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SN	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+DZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+SG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+GS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+SNRA	0,4	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SNRA	0,2	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+RASN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RASN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+SHRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SHRA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+SHSN	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SHSN	0,8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+TSRA	0	0	1	0,6	0,8	0	0	0	0	0	0	0,5	0,1	0,3	0,25	0	0,15	0,5	0,1	0,3	0	0	0	0
-TSRA	0	0	0,6	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0,1	0,5	0,3	0	0,25	0,15	0,1	0,5	0,3	0	0	0	0
TSRA	0	0	0,8	0,8	1	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,5	0,15	0,15	0,25	0,3	0,3	0,5	0	0	0	0

F1-3. táblázat: A jelenidő pontozásához használt hasonlósági mátrix (Amely jelenidő párok nincsenek feltüntetve, 0 pontot érnek).

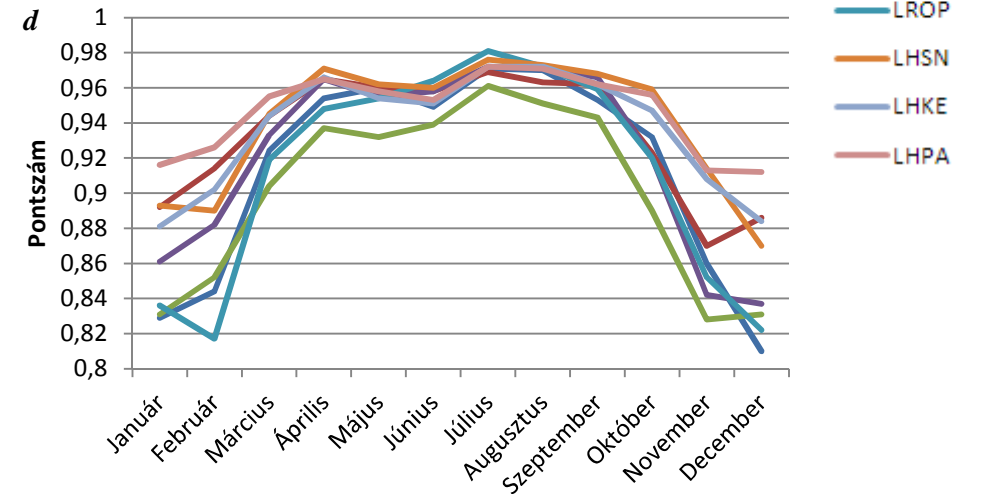
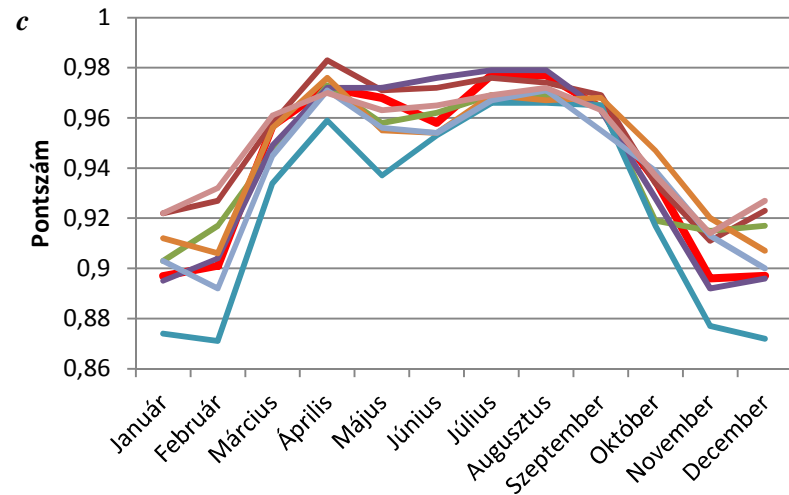
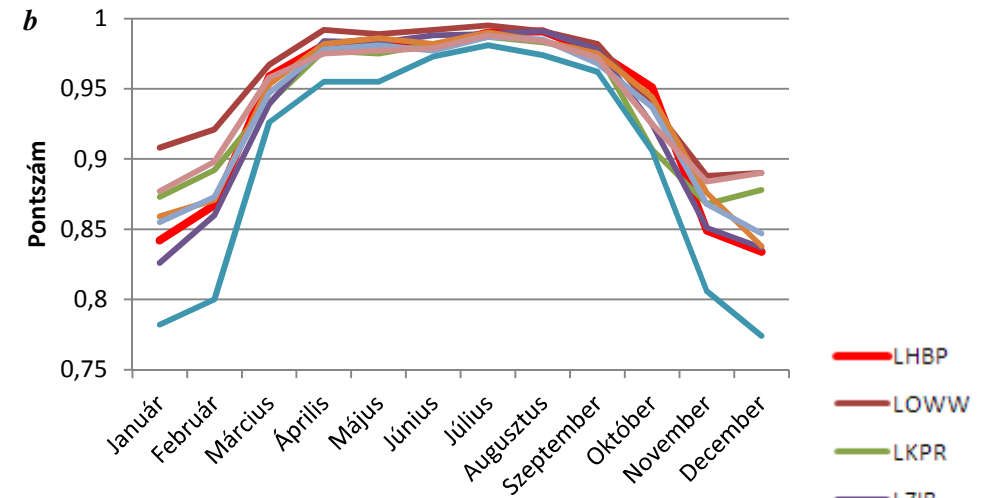
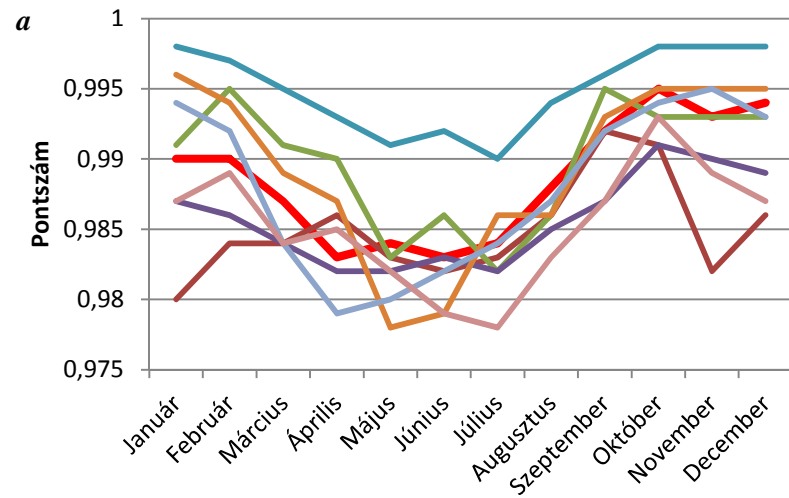
	+SHSN	SHSN	+TSRA	-TSRA	TSRA	+TSSN	-TSSN	TSSN	+TSGR	-TSGR	TSGR	+TSRASN	-TSRASN	TSRASN	+TSSNRA	-TSSNRA	TSSNRA	+TSRAGR	-TSRAGR	TSRAGR	DS	IC	FZFG	DRDU
+TSSN	0	0	0	0	0	1	0,6	0,8	0	0	0	0,25	0	0,15	0,5	0,1	0,3	0	0	0	0	0	0	0
-TSSN	0	0	0	0	0	0,6	1	0,8	0	0	0	0	0,25	0,15	0,1	0,5	0,3	0	0	0	0	0	0	0
TSSN	0	0	0	0	0	0,8	0,8	1	0	0	0	0,15	0,15	0,25	0,3	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0
+TSGR	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,6	0,8	0	0	0	0	0	0	0,5	0,1	0,3	0	0	0	0
-TSGR	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0,1	0,5	0,3	0	0	0	0
TSGR	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,8	1	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,5	0	0	0	0
+TSRASN	0	0	0,5	0,1	0,3	0,25	0	0,15	0	0	0	1	0,6	0,8	0,5	0,15	0,25	0	0	0	0	0	0	0
-TSRASN	0	0	0,1	0,5	0,3	0	0,25	0,15	0	0	0	0,6	1	0,8	0,15	0,5	0,25	0	0	0	0	0	0	0
TSRASN	0	0	0,3	0,3	0,5	0,15	0,15	0,25	0	0	0	0,8	0,8	1	0,25	0,25	0,5	0	0	0	0	0	0	0
+TSSNRA	0	0	0,25	0	0,15	0,5	0,1	0,3	0	0	0	0,5	0,15	0,25	1	0,6	0,8	0	0	0	0	0	0	0
-TSSNRA	0	0	0	0,25	0,15	0,1	0,5	0,3	0	0	0	0,15	0,5	0,25	0,6	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0
TSSNRA	0	0	0,15	0,15	0,25	0,3	0,3	0,5	0	0	0	0,25	0,25	0,5	0,8	0,8	1	0	0	0	0	0	0	0
+TSRAGR	0	0	0,5	0,1	0,3	0	0	0	0,5	0,1	0,3	0	0	0	0	0	0	1	0,6	0,8	0	0	0	0
-TSRAGR	0	0	0,1	0,5	0,3	0	0	0	0,1	0,5	0,3	0	0	0	0	0	0	0,6	1	0,8	0	0	0	0
TSRAGR	0	0	0,3	0,3	0,5	0	0	0	0,3	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0,8	0,8	1	0	0	0	0
DS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
IC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,4	0
FZFG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	1	0
DRDU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DRSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRSN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BLDU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7
BLSA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BLSN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TS	0	0	0	0,3	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

F1-4. táblázat: A jelenidő pontozásához használt hasonlósági mátrix (Amely jelenidő párok nincsenek feltüntetve, 0 pontot érnek).

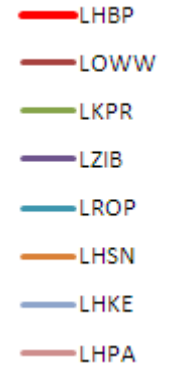
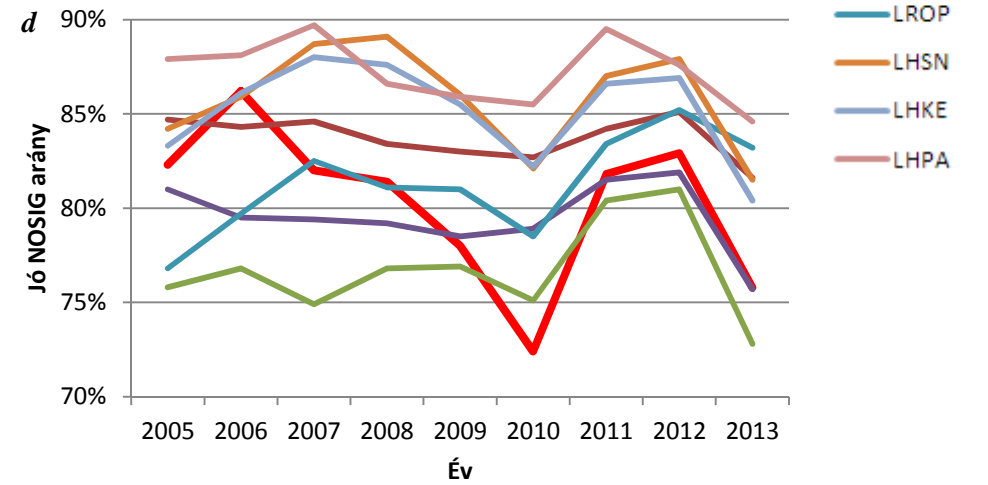
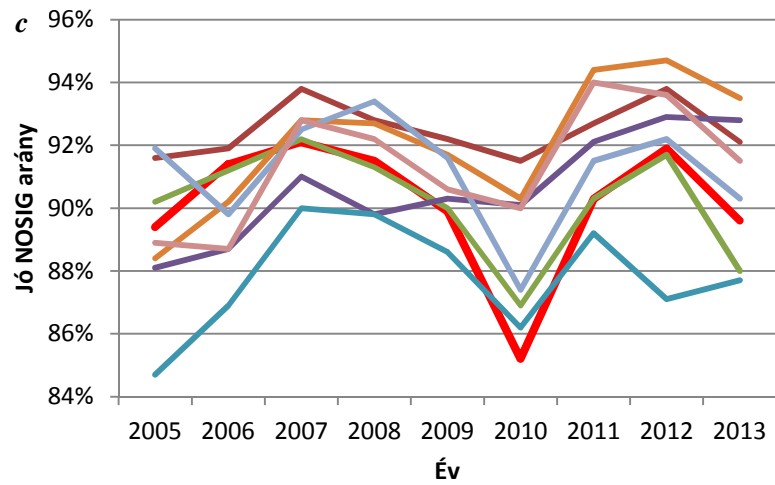
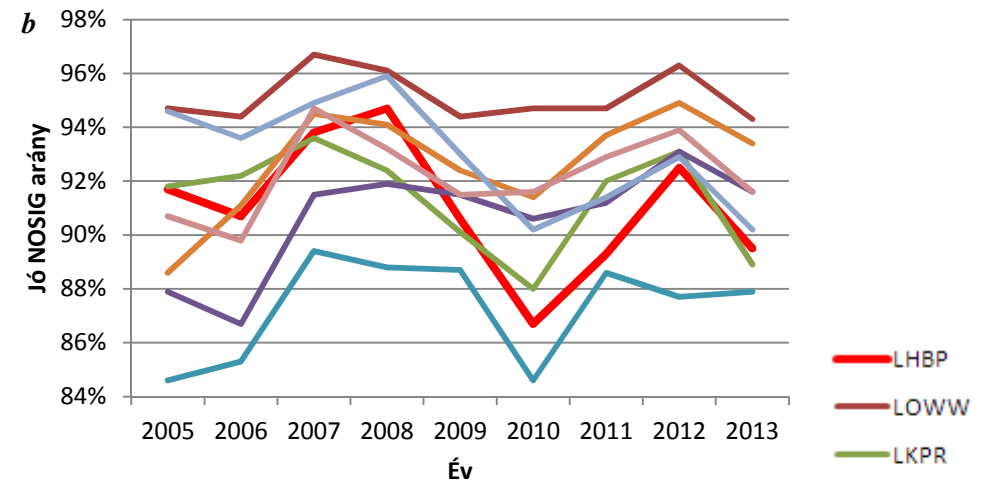
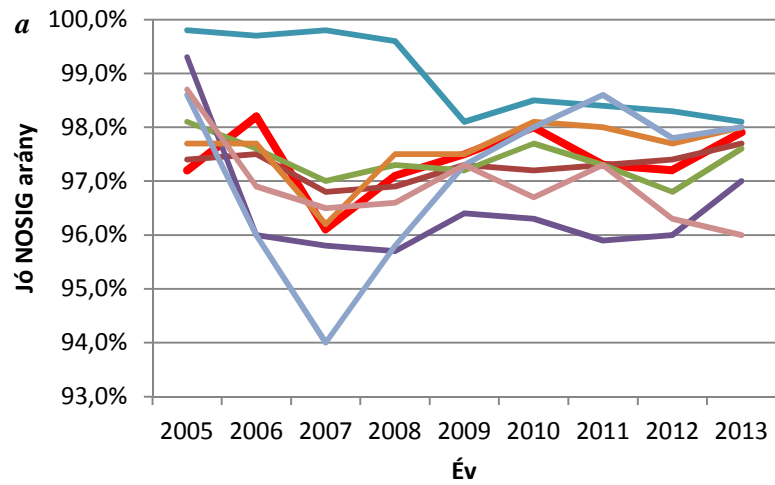
	DRSA	DRSN	BLDU	BLSA	BLSN	TS	SQ	FC	FG	MIFG	BCFG	PRFG	BR	SA	DU	HZ	FU	VA
DRDU	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRSA	1	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DRSN	0	1	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BLDU	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BLSA	0,7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BLSN	0	0,7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TS	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SQ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FC	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FG	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5	0,4	0,8	0,4	0	0	0	0	0
MIFG	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0,5	0,8	0,5	0	0	0	0	0
BCFG	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,5	1	0,8	0,4	0	0	0	0	0
PRFG	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,8	0,8	1	0,4	0	0	0	0	0
BR	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,5	0,4	0,4	1	0	0	0	0	0
SA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
DU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
HZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
FU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
VA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1



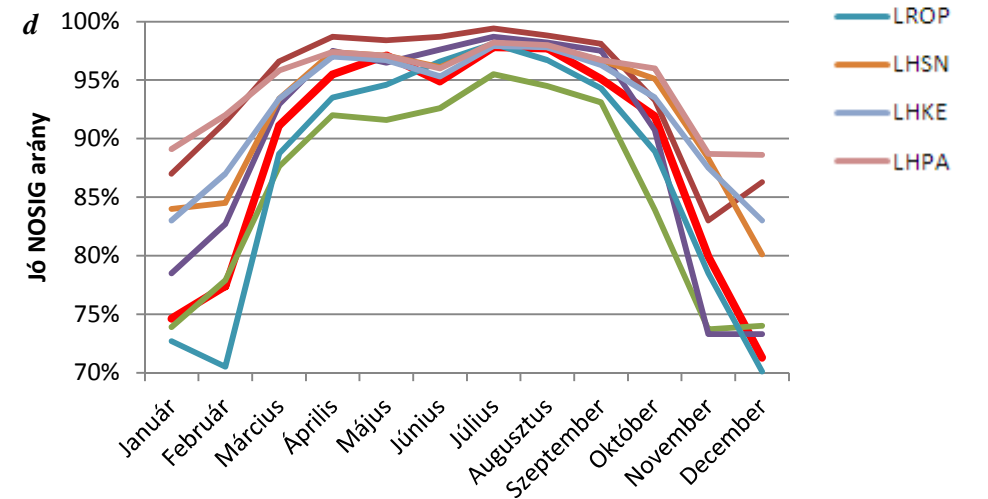
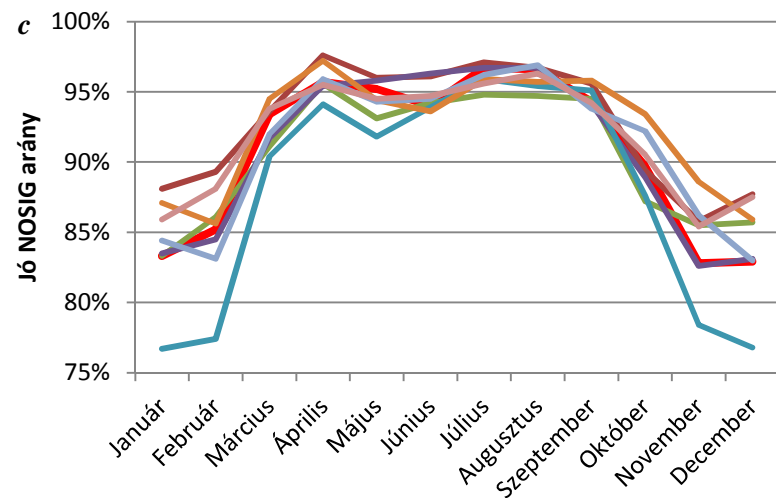
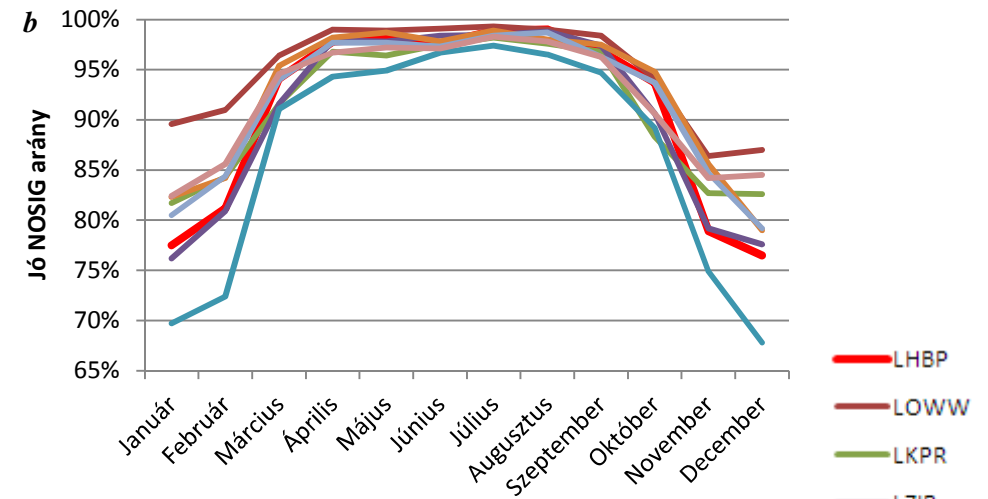
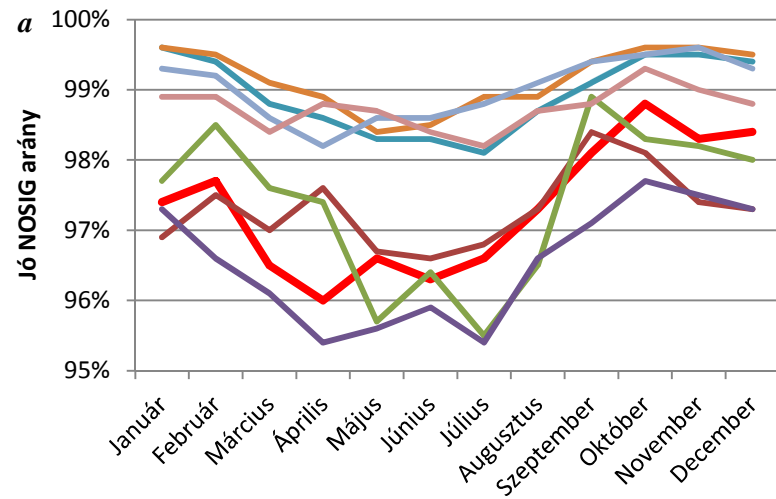
F1. ábra: A leszállási előrejelzések szélre (a), látástávolságra (b), jelenidőre (c) és felhőzetre (d) vonatkozó éves átlagos pontszámváltozása.



F2. ábra: A leszállási előrejelzések szélre (a), látástávolságra (b), jelenidőre (c) és felhőzetre (d) vonatkozó havi átlagos pontszámváltozása.



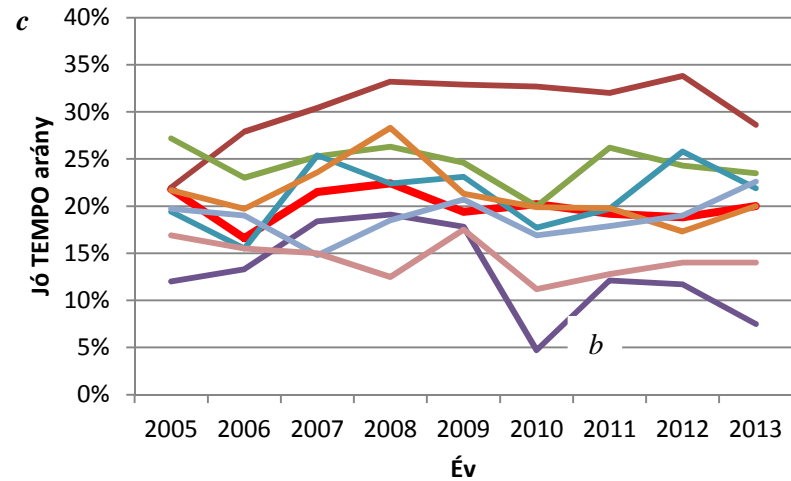
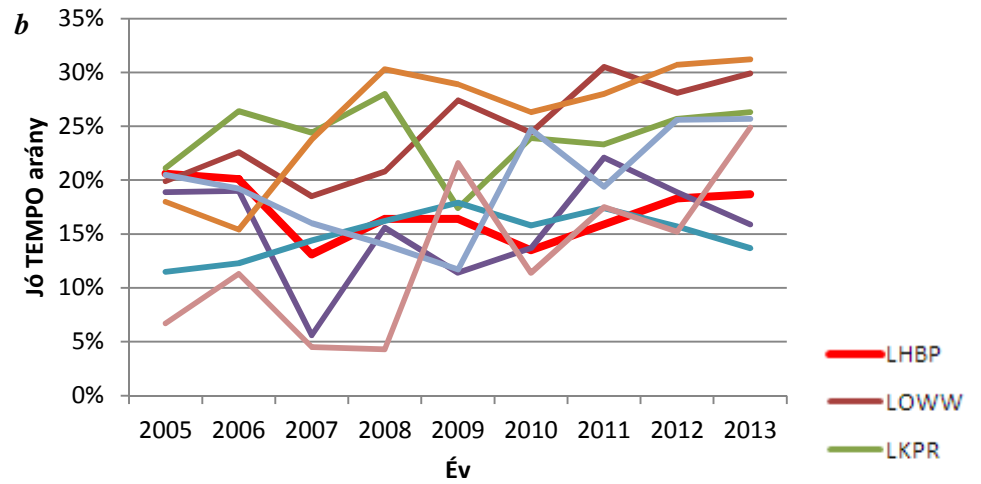
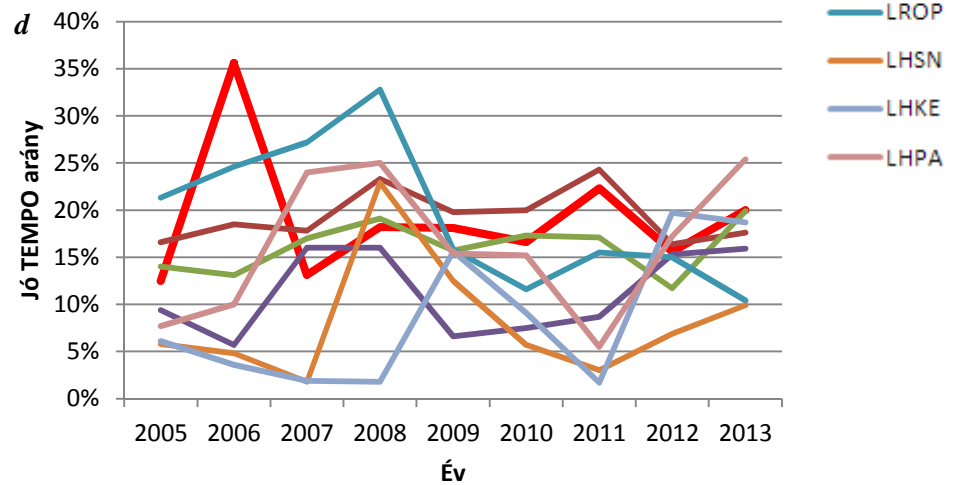
F3. ábra: A leszállási előrejelzések szélre (a), látástávolságra (b), jelenidőre (c) és felhőzetre (d) vonatkozó jó NOSIG aránya éves bontásban.



F4. ábra: A leszállási előrejelzések szélre (a), látástávolságra (b), jelenidőre (c) és felhőzetre (d) vonatkozó jó NOSIG aránya havi bontásban.

a

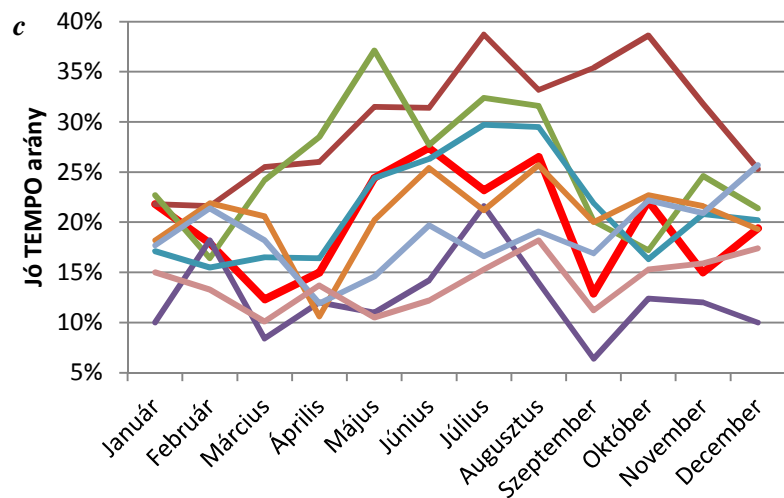
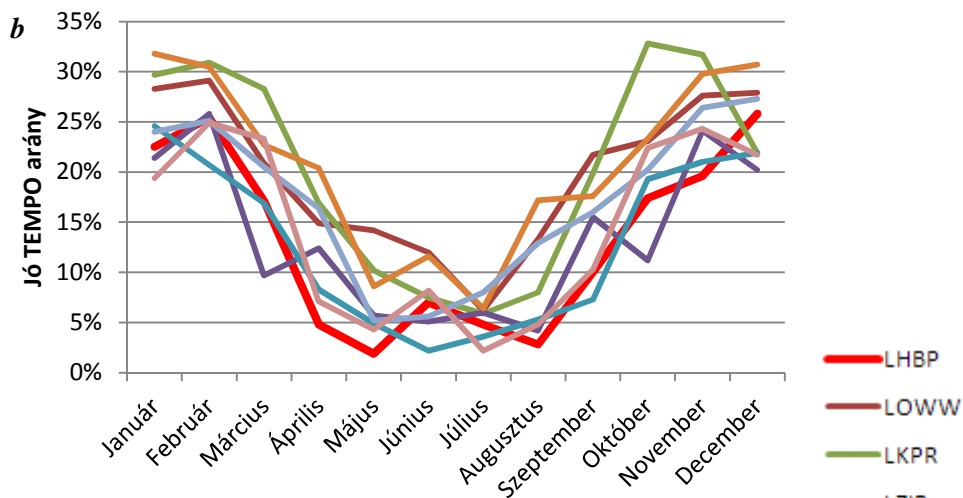
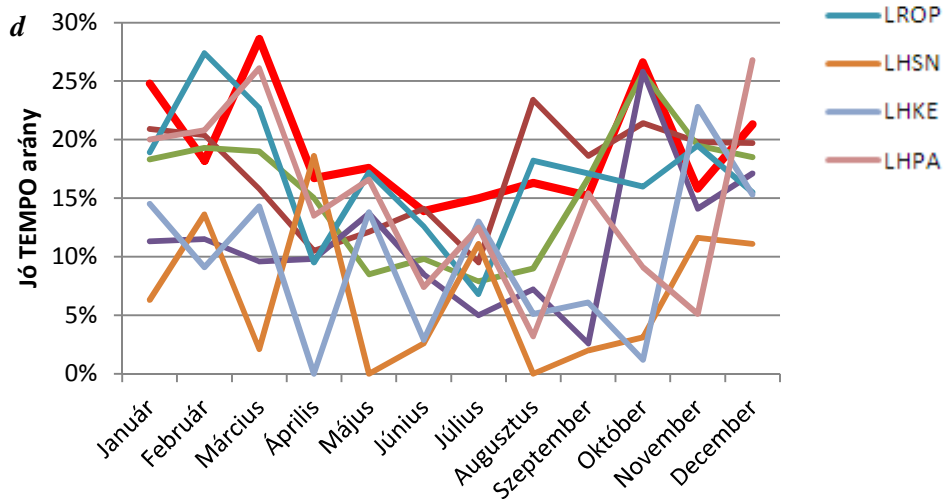
A szél esetén, valamennyi repülőtéren
nem NOSIG változásjelzõt kevés alkalommal
használtak, így a jó TEMPO aránya nem kerül bemutatásra.

*b**d*

F5. ábra: A leszállási előrejelzések szélre (*a*), látástávolságra (*b*), jelenidőre (*c*) és felhőzetre (*d*) vonatkozó jó TEMPO aránya éves bontásban.

a

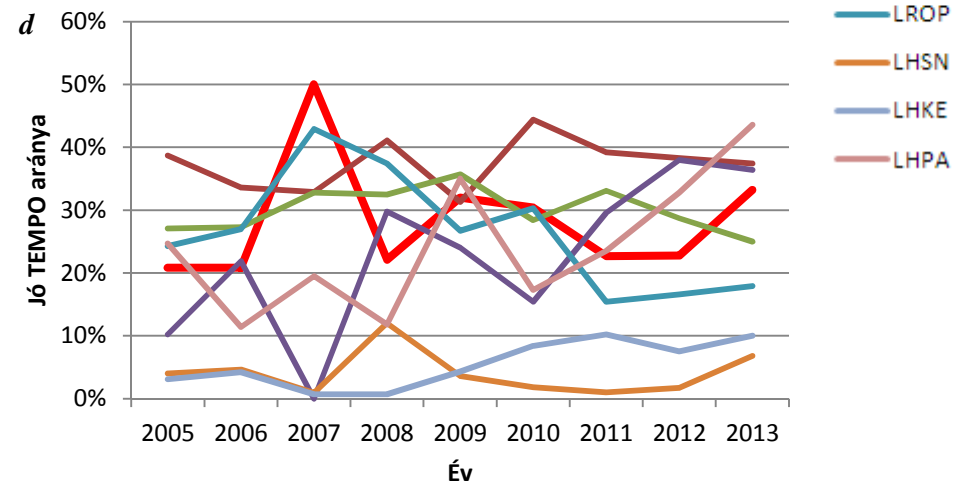
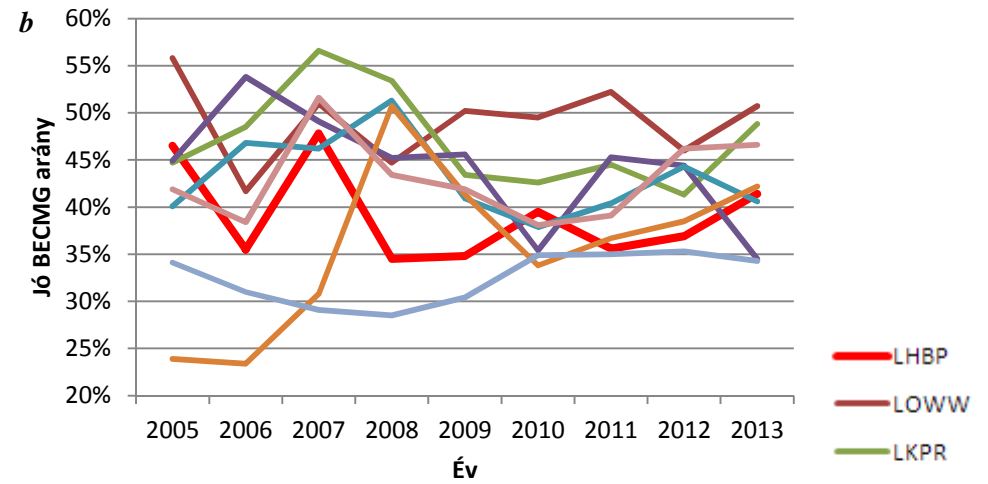
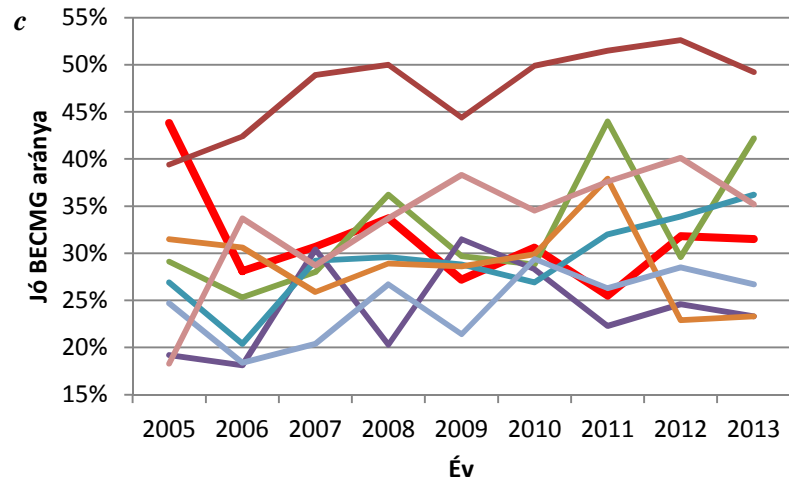
A szél esetén, valamennyi repülőtéren
nem NOSIG változásjelzõt kevés alkalommal
használtak, így a jó TEMPO aránya nem kerül bemutatásra.

**b****d**

F6. ábra: A leszállási előrejelzések szélre (a), látástávolságra (b), jelenidőre (c) és felhőzetre (d) vonatkozó jó TEMPO aránya havi bontásban.

a

A szél esetén, valamennyi repülőtéren
nem NOSIG változásjelzõt kevés alkalommal
használtak, így a jó BECMG aránya nem kerül bemutatásra.

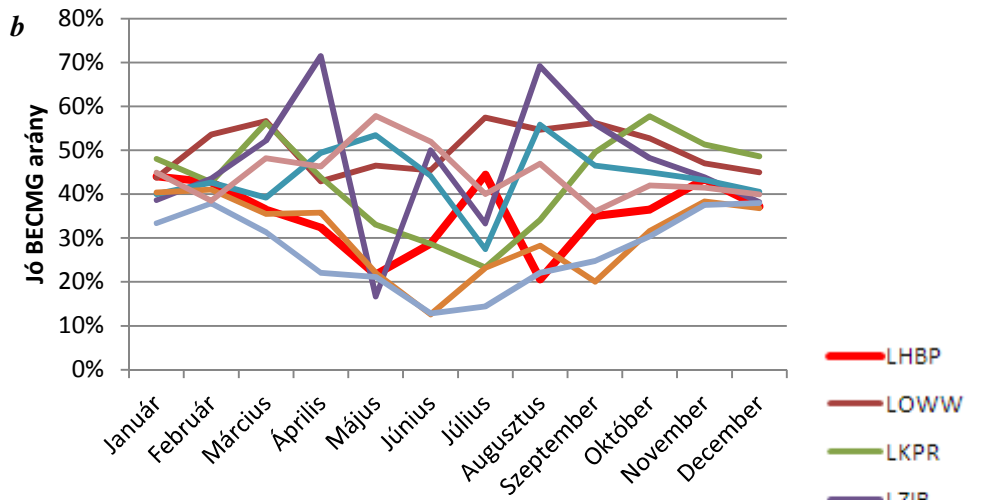


F7. ábra: A leszállási előrejelzések szélre (*a*), látástávolságra (*b*), jelenidőre (*c*) és felhőzetre (*d*) vonatkozó jó BECMG aránya éves bontásban.

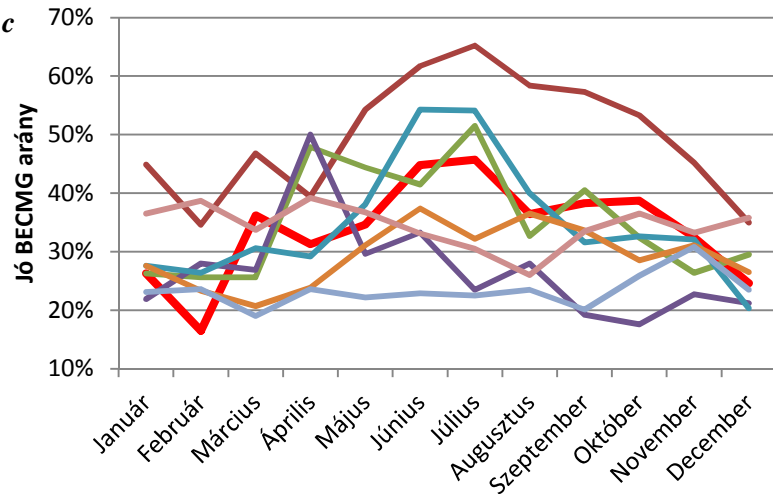
a

A szél esetén, valamennyi repülőtéren
nem NOSIG változásjelzót kevés alkalommal
használtak, így a jó BECMG aránya nem kerül bemutatásra.

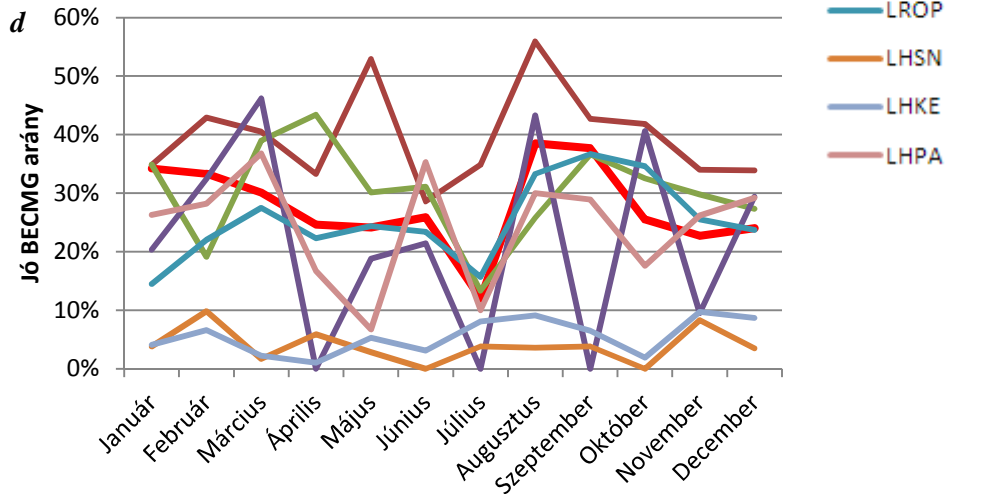
b



c



d



F8. ábra: A leszállási előrejelzések szélre (a), látástávolságra (b), jelenidőre (c) és felhőzetre (d) vonatkozó jó BECMG aránya havi bontásban.