

## A LÁTÁSTÁVOLSÁG ÉS A KÖD RÖVIDTÁVÚ ELŐREJELZÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

### BEVEZETÉS

A rossz látási viszonyok negatívan befolyásolják a repülési műveleteket. Főként a VFR szerinti repülés esetén okoz gondot a látástávolság hirtelen leromlása. Rossz látás esetén a repülőgépeknek alternatív repülőteret kell használniuk, amely extra üzemanyag fogyasztással jár, ugyanakkor veszélyes szituációt is jelent, amennyiben mégis a leszállás mellett dönt a személyzet. A látástávolság meghatározó csökkenését különböző fizikai hatások okozhatják, pl. köd, zápor, hózápor, por- és homokvihar stb. A tapasztalt észlelők tudják, hogy, melyik időjárási jelenség a legjellemzőbb oka a látás romlásának az adott szituációban, és egyszerűen megtanulják, a klimatológiai sajátosságait annak a területnek ahol dolgoznak. Ezért a klimatológiai háttér nagyon fontos, mert a numerikus időjárási előrejelzési modellek nem mindig olyan pontosak, amennyire az előrejelzők szeretnék (Hyvarinen et al., 2008). Különösen igaz ez a látástávolság paraméter esetén, melynek előrejelzése a repülésmeteorológia egyik legnagyobb kihívása napjainkban is.

### A LÁTÁSTÁVOLSÁGRÓL ÉS A KÖDRŐL RÖVIDEN

Meteorológiai látás nappal: az a távolság, amelyen egy megfelelő méretű felszínhez közeli fekete tárgy látható és azonosítható az égbolt vagy a párás levegő háttérében.

Meteorológiai látás éjjel: az a távolság, amelyen egy megfelelő méretű fekete tárgy látható és azonosítható, ha a fényviszonyok megfelelnek a normális nappali értéknek, illetve az a távolság, amelyen az átlagos erősségű fényforrás látható és azonosítható (Gyuró, 2008).

A repülésben használatos látástávolságok:

- meteorológiai (vízszintes) látástávolság (Horizontal visibility).
- Futópálya menti látástávolság (Runway Visual Range, RVR): az a távolság, amelyről a futópálya középvonalán lévő légi jármű vezetője a futópálya felületi jelzéseit, vagy a futópálya szegélyfényeit, illetve a középvonalat jelző fényeket felismeri. Műszeresen mérik.
- Függőleges látástávolság (Vertical visibility): a repülőgépről vertikálisan lefelé észlelhető látástávolság.

- Ferde látástávolság (Slant visibility): a levegőben tartózkodó repülőgépről ferdén észlelhető látástávolság.

A *köd* a talaj közelében a levegőben lebegő kicsi vízcseppek vagy jégkristályok összessége, látható lefelé irányuló mozgás nélkül. Ködről akkor beszélhetünk, ha a vízgőz kicsapódása a talaj közelében megy végbe, és ha a látástávolság nem éri el a 1 km-t.

Ahhoz, hogy a levegőben a vízgőz kicsapódása meginduljon, két feltétel szükséges. Az egyik a kondenzációs magvak jelenléte. Ezzel nem foglalkozunk, mert gyakorlatilag mindig jelen vannak megfelelő mennyiségben. A másik feltétel hogy, a levegő vízgőzzel telített legyen. Ez azonban nem mindig teljesül.

A levegő a talaj közeli rétegekben különböző módon válhat telítetté:

- párolgás útján történő vízgőztartalom növekedésével;
- levegő harmatpontra való hűlésével;
- különböző hőmérsékletű, de telítéshez közelálló levegőfajták keveredésével;
- nedvesség advekción során.

Mindegyik folyamat eredményeképp kialakulhat köd, de a felsorolt tényezők általában együtt hatnak, viszont egyik vagy másik, döntő szerepet játszhat a folyamatban. Bizonyos erősségű légmozgás is hozzájárulhat a köd létrejöttéhez, mivel az ebből származó átkeveredés biztosítja a vízgőz kondenzációjának vastagabb rétegekre való kiterjedését. A túlságosan erős szél, azonban épp ellenkező hatást vált ki, ugyanis erős átkeveredést okoz, ami gátolja a telítettség bekövetkezését. A ködképződést, gyenge (néhány m/s-os) szelek segítik elő (Sándor és Wantuch, 2005).

## MÓDSZEREK A LÁTÁSTÁVOLSÁG ÉS A KÖD ELŐREJELZÉSÉRE

A numerikus időjárás előrejelző modellek sok esetben jól használhatóak a különböző időjárási helyzetek előrejelzésére, viszont rossz látási viszonyok és köd előrejelzésére kevésbé megbízhatóak. Ennek oka főként az, hogy a helyi hatások és a planetáris határréteg komplex folyamatai nem ismertek teljes egészében és ráadásul gyakran szub-grid méretskálájú folyamatok, így a modellek nem tudják kezelni őket. Ezért a látástávolság előrejelzésére alkalmaznak statisztikai módszereket, tapasztalati ismereteket és konceptuális modelleket. Ezek a technikák nem mindig képesek megfogni a komplex folyamatokat, a köd keletkezését vagy megszűnését és általában csak egy adott régióra alkalmazhatóak.

Egyik lehetőség a ködöt és a látástávolságot befolyásoló tényezők még jobb megismerésére és az előrejelzések javítására a köd klimatológiai elemzése és a műholdas adatok kiértékelése.

Egy másik lehetőség a 1D-3D modellek és valószínűségi előrejelzések használata. Ennél fontos, hogy feltérképezzék, melyek azok a folyamatok, amelyek meghatározó szerepet játszanak a köd kialakulásában és felelősek az előrejelzés pontosságáért.

Ahogy fentebb említettük, a modellek viszont többnyire nem tudják megfogni a lokális folyamatokat, amik elengedhetetlenek a köd fejlődése szempontjából. Ezek egy része vagy még nem megértett folyamat vagy modellezésük nagyobb számítógépes kapacitásokat igényelne.

E hiányosságok kiküszöbölésére a statisztikai módszereket találták alkalmazhatónak, melyek az adott hely sokéves ilyenek például a diagnosztikai modellek, döntési fa és neurális hálózatok alkalmazása (Niestovaara and Jacobs, 2008).

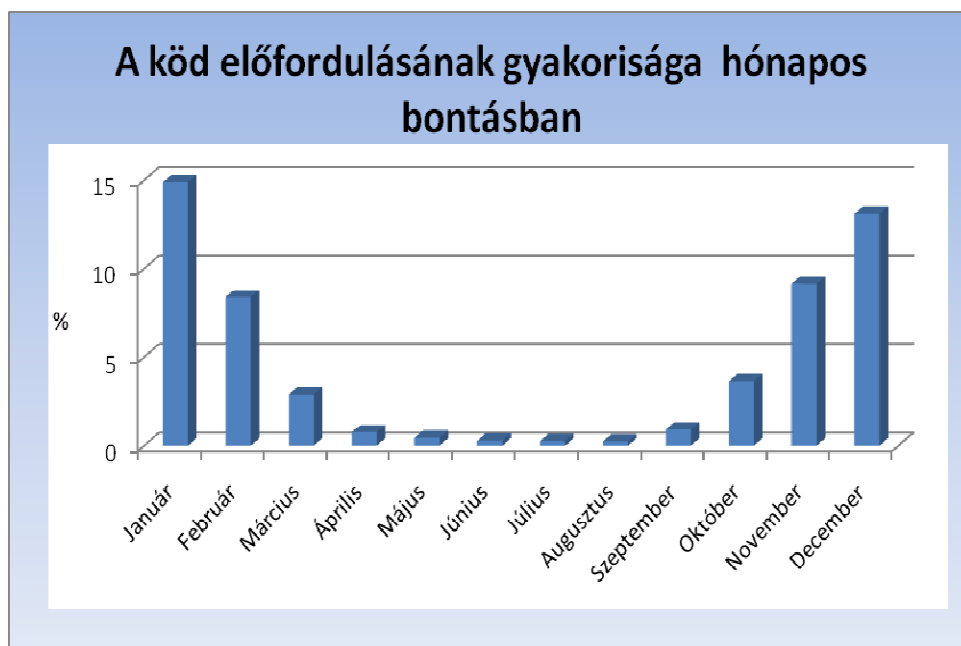
Ezen módszerek eredményei egymás fejlődését elősegítik, ezzel a látástávolság előrejelzésének hatékonyságát növelik.

## A SZOLNOKI REPÜLŐTÉR (LHSN) KÖDKLIMATOLÓGIAI VIZSGÁLATA

A köd klimatológiai vizsgálatának fő célja, hogy jobban megértsük a köd természetét, és ezt a tudást felhasználva jobb előrejelzést készíthessünk.

A szolnoki repülőtér ködre és látástávolságra vonatkozó klimatológiai vizsgálatát végeztük el rendelkezésünkre álló 1991-2006 között óránként mért hőmérséklet, harmatpont, légnyomás, köd, szélsébség, szélirány, felhőzettel való borítottság, látástávolság adatsorai alapján.

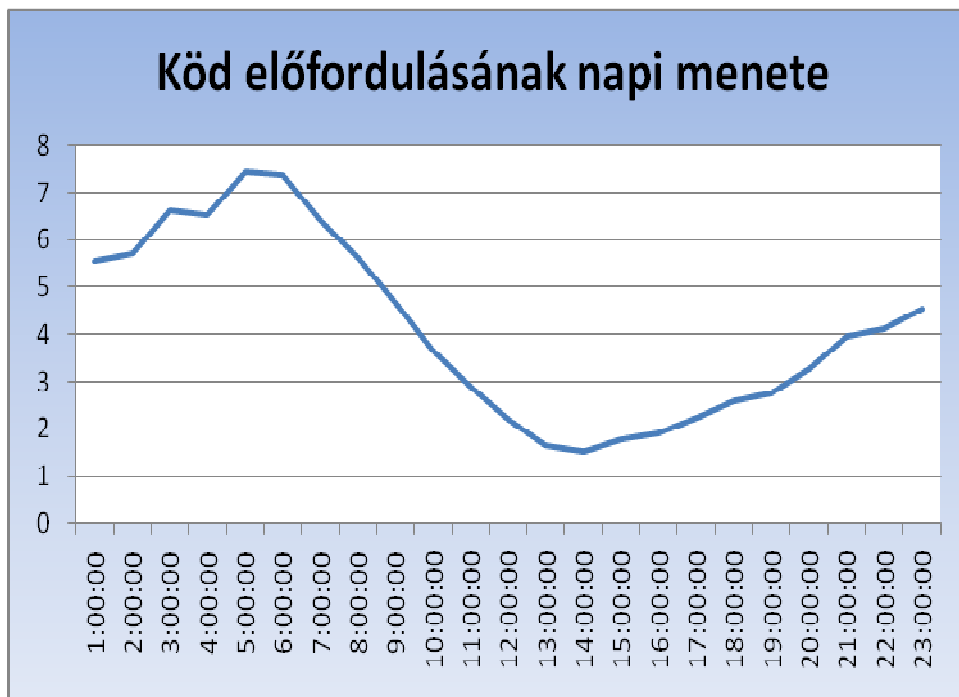
A teljes időszak alatt ködöt 6401 alkalommal észleltek. A köd észlelések előfordulásának aránya hónapos bontásban látható az 1. ábrán. Leggyakrabban novemberben, decemberben, januárban és februárban (1056, 1544, 1773 és 910 alkalommal) fordult elő. Ködöt legritkábban a nyári hónapokban (június, július és augusztus) észleltek (32, 30 és 28 alkalommal).



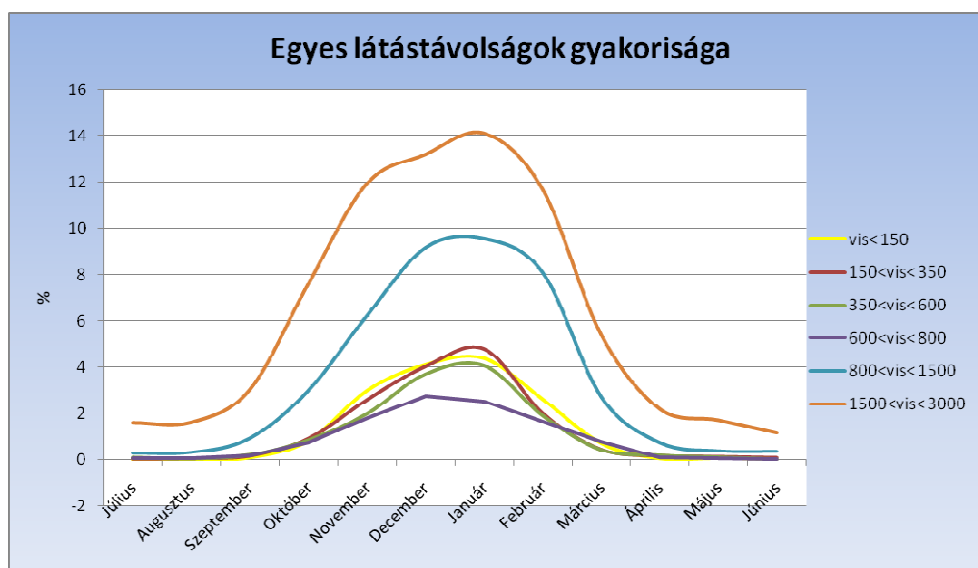
1. ábra. A köd előfordulásának gyakorisága hónapos bontásban a szolnoki repülőtéren 1991-2006

A köd előfordulásának a napi menetét (2. ábra) reggeli 5-6 órai maximum, és kora délutáni minimum jellemzi. Tudjuk, hogy a gyenge turbulencia elősegíti a ködképződést. A nappali konvekció, a szélsébség és turbulencia növekedéséhez vezet, ami általában a köd feloszlását eredményezi, illetve éjjel a konvektív folyamatok visszaszorulnak, csökken a turbulencia, és ezek a feltételek kedveznek a ködképződésnek (Bakowski et al., 2008).

A 3. ábrán a látástávolságok gyakorisága látható, amelyekben a látástávolság kategóriákat az AMD TAF-ban (Terminal Area Forecast) meghatározott kategóriák alapján adtam meg. Ez az ábra is jól mutatja, hogy a rossz látástávolság a téli hónapokra jellemző.

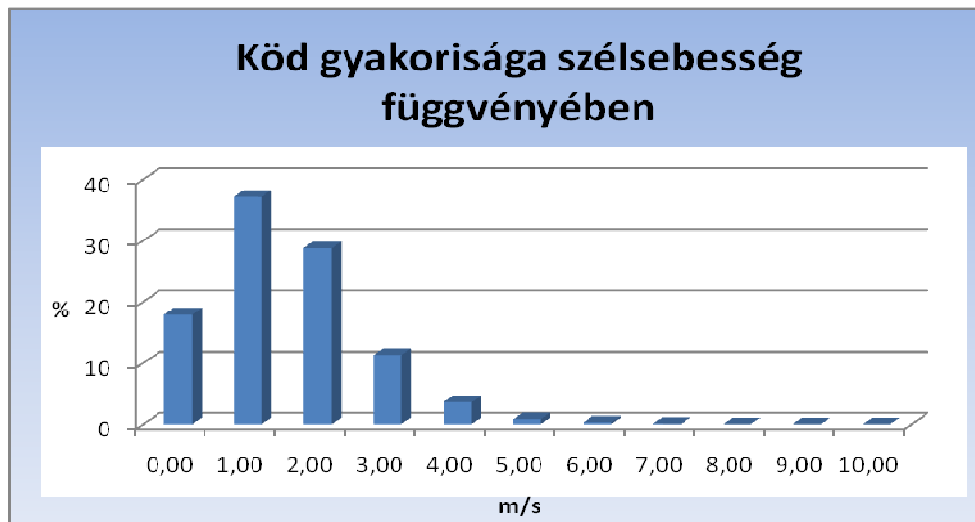


2. ábra. A köd előfordulásának napi menete a szolnoki repülőtéren 1991-2006



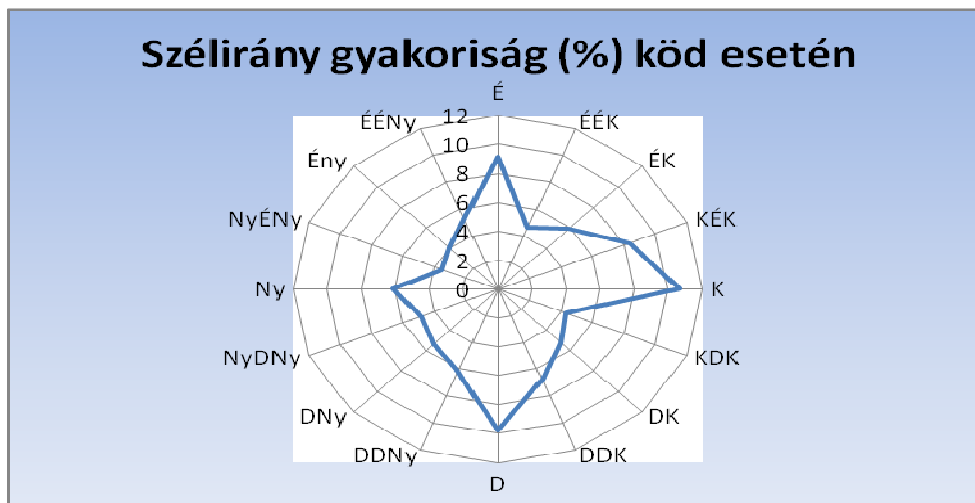
3. ábra. Az egyes látástávolságok gyakorisága a szolnoki repülőtéren 1991-2006

Köd leggyakrabban 1-2 m/s-os (37% és 29 %) szél esetén alakul ki. 7m/s-os szél mellett ködöt csak 5 alkalommal figyelhettünk meg, ennél nagyobb szélesség esetén egyetlen alkalommal sem keletkezett (4.ábra).



4. ábra: A köd gyakorisága a szélesség függvényében, a szolnoki repülőtéren 1991-2006

A szélirány és a köd kapcsolatát az 5. ábra mutatja. Megállapítható hogy köd leggyakrabban K-i és D-i szél esetén fordul elő, ezen kívül jellemző még É-i szél esetén is.



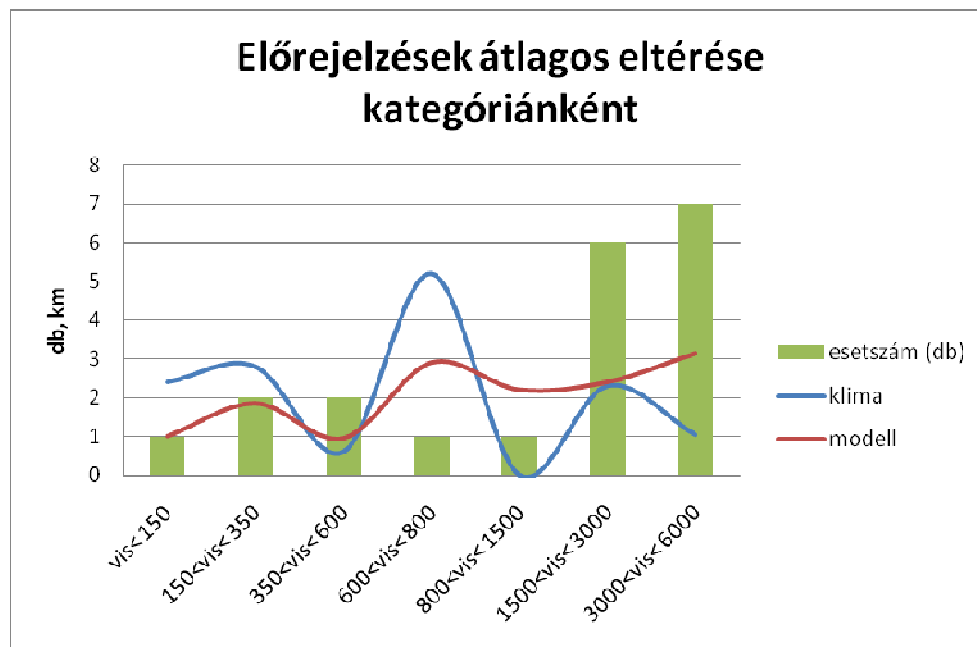
5. ábra: Szélirány gyakoriság köd esetén, a szolnoki repülőtéren 1991-2006

## KLÍMAADATOKON ALAPULÓ LÁTÁSTÁVOLSÁG ELŐREJELZÉSI MÓDSZER

A látástávolság előrejelzésére egy olyan módszert próbáltunk ki, amelynek elve azon alapul, hogy egy adott időjárási eseményhez megkeresi a leghasonlóbb eseteket a 15 éves adatbázisban, azt feltételezve, hogy hasonló időjárási helyzethez hasonló látástávolság tartozik (analógia keresés módszere).

A program a „leghasonlóbb eseteket” az előrejelezni kívánt időponthoz tartozó állapotathatározók és az alap adatbázis állapotathatározóinak összehasonlításával keresi meg. A programot 2009 novemberére 8UTC-re, az Országos Meteorológia Szolgálatnál operatív futó MM5 modelladataival teszteltem. Összehasonlítást végeztem Dr. Wantuch Ferenc látástávolság előrejelző modelljével, amit jelenleg is használnak az Országos Meteorológiai Szolgálatnál.

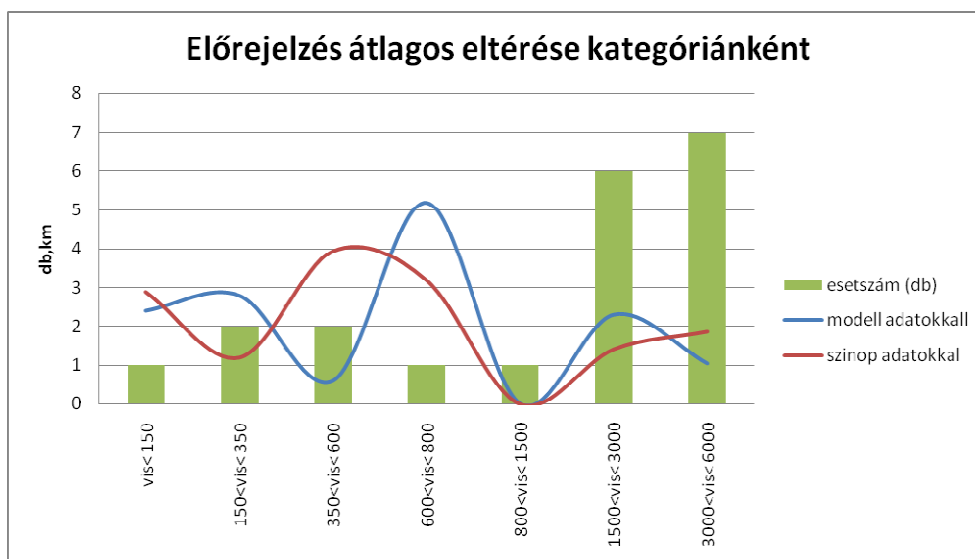
A tesztidőszakban a klímaadatokon alapuló program és az Országos Meteorológiai Szolgálatnál használt modell hasonló (körülbelül 3 km-es) átlagos eltéréseket mutatott a valós látástávolságokhoz képest. Megnéztük, hogy az egyes látástávolság kategóriákra milyen átlagos eltérések mutatkoznak (6.ábra). A tesztidőszakban a köd, azaz 1km alatti látástávolság esetén az Országos Meteorológiai Szolgálatnál futó modell jobb eredményt adott, viszont az 1 km feletti látástávolságok esetén, a klímaadatokon alapuló módszer tűnt sikeresebbnek.



6. ábra: Az előrejelzések átlagos eltérése kategóriánként a szolnoki repülőtéren

Kísérletet tettünk, arra, hogy a klímaadatokon alapuló programban feltérképezzük, hogy milyen hibát okoz a MM5 modelladatok hibája. Ennek érdekében az előrejelzés időpontjára vonatkozó SYNOP adatokkal futtattuk le 2009. november hónapra a modellt, azaz azt feltételeztük, hogy tökéletes előrejelzéssel dolgozunk. Átlagosan 200 méterrel kisebb eltéréseket kaptunk a SYNOP adatokkal futtatott esetben. Ez látástávolság kategóriánként a 7. ábrán látható.

A következőkben tervezzük a klímaadatokon alapuló előrejelző program pontosítását, hatékonyságának növelését. Emellett még a köd klimatológiai elemzések elvégzését, amelyek eredményei segítségünkre lehetnek a program további javításában.



7. ábra: Az előrejelzés átlagos eltérése kategóriánként modell adatokkal és SYNOP adatokkal a szolnoki repülőtéren

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] SÁNDOR VALÉRIA, WANTUCH FERENC 2005: Repülésmeteorológia. Tankönyv pilóták és leendő pilóták számára. Folium Nyomda. ISBN 963 7702 91 1 Második javított kiadás.
- [2] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO): Meteorological Service for International Air Navigation, Sixteenth Edition, July 2007
- [3] GYURÓ, GY., 2008: Szinoptikus időjárásanalízis eszközei, Egyetemi Meteorológiai Füzetek, ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest
- [4] O. HYVARINEN, J. JULKUNEN, V. NIETOSVAARA 2008: Climatological tools for low visibility forecasting .In COST Action 722-Earth System and Environmental Management –Short range forecasting methods of fog, visibility and low clouds. ISBN 978-92-898-0038-9
- [5] R. BAKOWSKI, A. GLOWACKA, E. OLSZEWSKA, M. PARADOWSKI, W. WIAZEWSKI 2008: Fog forecast based on statistical correlation of selected meteorological elements-Weather conditions favourable for fog formation at Warsaw and Cracow airports .In COST Action 722-Earth System and Environmental Management –Short range forecasting methods of fog, visibility and low clouds. ISBN 978-92-898-0038-9
- [6] V. NIESTOVAARA AND W. JACOBS 2008: Activities and co-operation .In COST Action 722-Earth System and Environmental Management –Short range forecasting methods of fog, visibility and low clouds. ISBN 978-92-898-0038-9