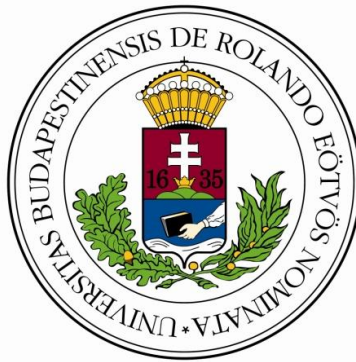


Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Természettudományi Kar  
Meteorológiai Tanszék

# A LÁTÁSTÁVOLSÁG ÉS A KÖD RÖVIDTÁVÚ ELŐREJELZÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

Diplomamunka



Készítette:

**DEÁK BIANKA**

Témavezetők:

**DR. WANTUCH FERENC**

Nemzeti Közlekedési Hatóság, Légiközlekedési Igazgatóság

**DR. BOTTYÁN ZSOLT**

Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék

Tanszéki konzulens:

**DR. WEIDINGER TAMÁS**

ELTE TTK Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2010.

## TARTALOMJEGYZÉK:

BEVEZETÉS .....	3
1. A LÁTÁSTÁVOLSÁG ÉS A KÖD DEFINÍCIÓJA ÉS JELLEMZŐI... 5	
1.1. Látástávolság.....	5
1.2. Köd.....	7
1.3. A köd fajtái.....	8
1.3.1. Radiációs köd.....	8
1.3.2. Advekción köd .....	10
1.3.3. Frontális köd .....	11
1.3.4. Köd advekción .....	12
1.4. A hideg légpárna .....	12
2. MÓDSZEREK A LÁTÁSTÁVOLSÁG ÉS A KÖD ELŐREJELZÉSÉRE .....	14
2.1. Kezdeti adatok: ködklimatológiai elemzések és a műholdas adatok kiértékelése .....	14
2.2. 1D-3D modellek.....	15
2.3. Statisztikai módszerek.....	16
3. A SZOLNOKI REPÜLŐTÉR KÖDKLIMATOLÓGIAI VIZSGÁLATA .....	17
3.1. Egyes állapotjelzők és a látástávolság kapcsolata.....	20
4. KLÍMA-ADATOKON ALAPULÓ LÁTÁSTÁVOLSÁG-ELŐREJELZÉSI MÓDSZER .....	29
4.1. Országos Meteorológiai Szolgálatnál használatban lévő módszer bemutatása 31	
4.2. A tesztidőszakok eredményei.....	35
4.2.1. 2009. november .....	35
4.2.2. 2010. január 16-18. ....	38
4.2.3. A tesztidőszakok tanulságai.....	39
5. ESETTANULMÁNYOK .....	41
5.1. Erős inverziós helyzet a Kárpát-medencében (2009. november 20-22.) .....	41
5.2. Köd advekción helyzet Szolnokon (2008. december 9.) .....	50
5.3. Az esettanulmányok tanulsága.....	56
ÖSSZEFOGLALÁS, TOVÁBBI CÉLKITŰZÉSEK .....	57
KÖSZÖNETNYILVÁNTÁS.....	59
Internetes források: .....	62
FÜGGELÉK.....	63

## **BEVEZETÉS**

A rossz látási viszonyoknak különböző hatásai vannak az emberek életére. A zavaró, kellemetlen hatások mellett jelentős anyagi kárú vagy halálos kimenetelű következményei is lehetnek. Ezekből adódóan – jogosan – legtöbbször a negatív tapasztalatok vannak előtérben a köddel szemben, de nem szabad megfeledkezni a pozitív hatásairól sem, pl. nedvességének mezőgazdasági hasznosságáról és vízkészletek feltöltéséről, egyébként csapadékszegény területeken (*Croft, 2002*).

Legfontosabb és legveszélyesebb hatása a ködnek a rossz látási viszonyok kialakulása (*Croft, 2002*). Ez a közlekedés minden területén és katonai műveletek végrehajtásánál is kedvezőtlen következményekkel járhat.

A szárazföldi és vízi közlekedés számára is komoly kihívásokat jelent a korlátozott látás. A rossz látási viszonyok miatt a sebesség csökkentése és fokozott odafigyelés szükséges. Ennek ellenére sok baleset történik ilyen ködös időszakokban. Pl. 2009. november 20.-án hatan sérültek meg súlyosan az M1-es autópálya Budapest felé vezető vonalán a reggeli órákban. A sűrű ködben egymást követően három baleset történt a pálya 36-os és 39-es kilométerszelvénye között: 14 személyautó és kamion ütközött, amelyekben összesen negyvenhatan utaztak. Ugyanezen a reggelen a köd miatt az M2-es autót 20-as kilométerszelvényénél a Budapest felé vezető oldalon négy személyautó csúszott egymásba az autót dunakeszi csomópontjánál, szintén a Budapest felé vezető oldalon pedig kilenc autó, egy kamion és egy teherautó ütközött. Ez utóbbi két balesetben egy ember súlyosan, négy könnyebben sérült meg. (<http://www.hirextra.hu/2010/05/04/tomeges-serulesel-jaro-balesetek/>)

A rossz látási viszonyok negatívan befolyásolják a repülési műveleteket is. Főként a VFR<sup>1</sup> 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 jelenségek okozhatják, pl. köd, zápor, hózápor, por- és homokvihar stb. A tapasztalt észlelők tudják, hogy, ezek

---

<sup>1</sup> VFR: Visual Flight Rules, látva repülési szabályok.

közül melyik a legjellemzőbb oka a látás romlásának az adott szituációban, és egyszerűen idővel megtanulják a klimatológiai sajátosságait annak a területnek, ahol dolgoznak. A későbbiekben rámutatunk arra, hogy a klimatológiai háttér nagyon fontos az előrejelzésben is, mert a numerikus időjárási 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 (*Wantuch, Bottyán és Deák, 2010*).

Ezért is tartottuk fontosnak, hogy a dolgozatban a látástávolság és a köd rövidtávú előrejelzésével foglalkozunk, illetve kifejlesszünk egy új módszert az előrejelzésükre.

A dolgozat első fejezete általános áttekintést ad a látástávolságról és ködről. A második fejezetben áttekintjük a módszereket, amelyeket a látástávolság előrejelzésére leggyakrabban használnak világszerte. A harmadik fejezetben a szolnoki repülőtér ködklimatológiai vizsgálatának eredményeiről számolunk be. A negyedik fejezetben az általunk kipróbált látástávolság előrejelző módszer és tesztelésének eredményei találhatóak. Két esettanulmány tartalmaz az ötödik fejezet, amelyben két különböző, a Kárpát-medencére jellemző köd helyzetet elemzünk. A hatodik fejezetben összefoglaltuk eddigi munkánk eredményeit, és a témával kapcsolatosan további kutatási irányokat vázoltunk fel.

# ***1. A LÁTÁSTÁVOLSÁG ÉS A KÖD DEFINÍCIÓJA ÉS JELLEMZŐI***

## ***1.1. Látástávolság***

Definíciók: (WMO<sup>2</sup>)

Meteorológiai optikai mélység (MOR<sup>3</sup>): az a távolság, amelyen a 2700 K-en izzó fényforrás párhuzamos sugarainak fényerőssége az eredeti érték 5%-ra esik vissza.

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

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, 2005).

A látástávolságot különböző objektív és szubjektív tényezők befolyásolják:

- objektív tényezők:
    - a Föld görbülete,
    - a földfelszín tagoltsága, különböző tereptárgyak,
    - a levegő átlátszhatósága,
    - háttérvilágítás,
    - megfigyelt tárgy alakja, színe fényessége,
  - szubjektív tényezők,
    - észlelő szemének érzékenysége,
- a szem alkalmazkodó képessége, illetve, hogy az észlelést megelőzően milyen fényhatásnak volt kitéve (Sándor és Wantuch, 2005).

Látástávolságot a meteorológiai állomásokon részben műszeres méréssel, részben az észlelők becsléssel határozzák meg. Becslésnél nappal a látástávolságot az észlelő ismert távolságban lévő tereptárgyak segítségével határozza meg, sötétedés után, pedig a különböző fényforrások alapján. Az éjszakai távolságot, úgy kell megbecsülni mintha

---

<sup>2</sup> WMO: World Meteorological Organization, Meteorológiai Világszervezet.

<sup>3</sup> MOR: meteorological optical range, meteorológiai optikai mélység.

a megvilágítás nappalnak felelne meg. Gyakran előfordul, hogy a különböző irányokban mért látástávolságok különbözőek. Ekkor a legkisebbet is meg kell adni. A látástávolság mérése műszerrel is történhet, általában repülőtereken. Ekkor mérése transzmisszióméterrel történik, a légkör sugárzás-elnyelésének mérése alapján.

A repülésben használatos látások a következők (ICAO<sup>4</sup>):

- hagyományos meteorológia vízszintes látás (angolul: horizontal visibility),
- futópálya menti látástávolság (RVR<sup>5</sup>): az a távolság, amelyről a futópálya középvezetékén lévő légi jármű vezetője a futópálya felületi jelzéseit, vagy a futópálya szegélyfényeit, illetve a középvezeték jelző fényeket felismeri, vagy műszeresen méri,
- függőleges látás (angolul: vertical visibility): a repülőgépről függőlegesen lefelé történő észlelésnél mérhető látástávolság,
- ferde látás (angolul: slant visibility): a levegőben tartózkodó repülőgépről leggyakrabban egy adott szögben lefelé történő észlelésnél tapasztalt látástávolság.

Meteorológiai látástávolság illetve RVR (METAR<sup>6</sup> és SPECI<sup>7</sup> esetében) kerül megadásra a táviratokban (SYNOP, METAR, SPECI) illetve a repülőtéri előrejelzésben (TAF<sup>8</sup>).

SYNOP táviratban a következő módon:

5 km-ig 100 méterenként (kódolás: 00-50), 6 km és 30 km között 1 kilométerenként (kódolás: 56-80) és 35 km és >70 km között 5 kilométerenként (kódolás: 81-89).

METAR táviratban a következő módon:

- talajmenti (horizontális) látástávolság:  
ha a látástávolság 800 m-nél kisebb, értékét a táviratban 50 méteres lépésközben kell megadni, 800 m és 5000 m között 100 méteres lépésközben, 5000 m és 10000 m között 1000 méteres lépésközzel. Ha látástávolság legalább 10 km és a CAVOK szabály nem alkalmazható, a táviratban 9999-nek kell szerepelnie,

---

<sup>4</sup> ICAO: International Civil Aviation Organization, Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet.

<sup>5</sup> RVR: Runway Visual Range, futópálya menti látástávolság.

<sup>6</sup> METAR: Repülési rendszeres időjárás jelentő távirat.

<sup>7</sup> SPECI: Kiválasztott különleges időjárás jelentő távirat.

<sup>8</sup> TAF: Terminal Area Forecast, repülőtéri előrejelzés.

- kifutópálya menti látástávolság (ha rendelkezésre áll):

ha van szerepe a táviratban, akkor az R betűvel kezdődik, majd a pálya jelölése következik, amelyet a / és az RVR követ. Ha pálya menti vagy a horizontális látástávolság 1500 m alatti a pályamenti látástávolságot a táviratban jelenteni kell. Alsó határa 50 m, felső határa 1500 m. Ha ezen kívülre esik, akkor csak azt kell jelenteni, hogy ezen intervallum alá illetve fölé esik. (Jelölése: R24/P1500 illetve R24/P0050)

Ha a pályamenti látástávolság 400 m alatti 25 méteres, ha 400 m és 800 m között van, akkor 50 méteres, ha pedig 800 m feletti, akkor 100 méteres lépésközzel kell megadni.

SPECI táviratban a következő módon:

SPECI távirat kiadásának kritériumai az ICAO Annex3/WMO Technical Regulations ajánlásai alapján a horizontális látástávolságra vonatkozóan az, hogy a látástávolság eléri vagy átlépi a 800, 1500, 3000, 5000 méteres határt.

SPECI távirat kiadásának kritériumai az ICAO Annex3/WMO Technical Regulations ajánlásai alapján a pályamenti látástávolságra vonatkozóan az, hogy a látástávolság eléri vagy átlépi a 150, 350, 600, 800 méteres határt.

- A repülőtéri előrejelzés a látástávolságot illetően a következő módon történik:  
Ha a várt látástávolság nem éri el a 800 m-et 50 méteres lépcsőben kell megadni, 800 m-től 5 km-ig 100 méteres lépcsőben kell megadni, 5 és 10 km között 1 kilométeres lépcsőben kell megadni. Ha látástávolság legalább 10 km és a CAVOK szabály nem alkalmazható, a táviratban 9999-et kell megadni.

Látástávolságot csökkentő tényezők:

- a légkörben lebegő vízcseppek felhalmozódása (páráság, köd),
- csapadék,
- por- és homokvihar,
- egyéb légszennyező anyagok.

## ***1.2. Köd***

Köd definíciója:

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. 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 nem mindig teljesül.

A levegő a talaj közeli rétegekben különböző módon válhat telítetté:

- párolgás útján történő vízgőztartalom növekedésével,
- a levegő harmatpontra való hűlésével,
- különböző hőmérsékletű, de telítéshez közelálló levegőfajták keveredésével.

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

### ***1.3. A köd fajtái***

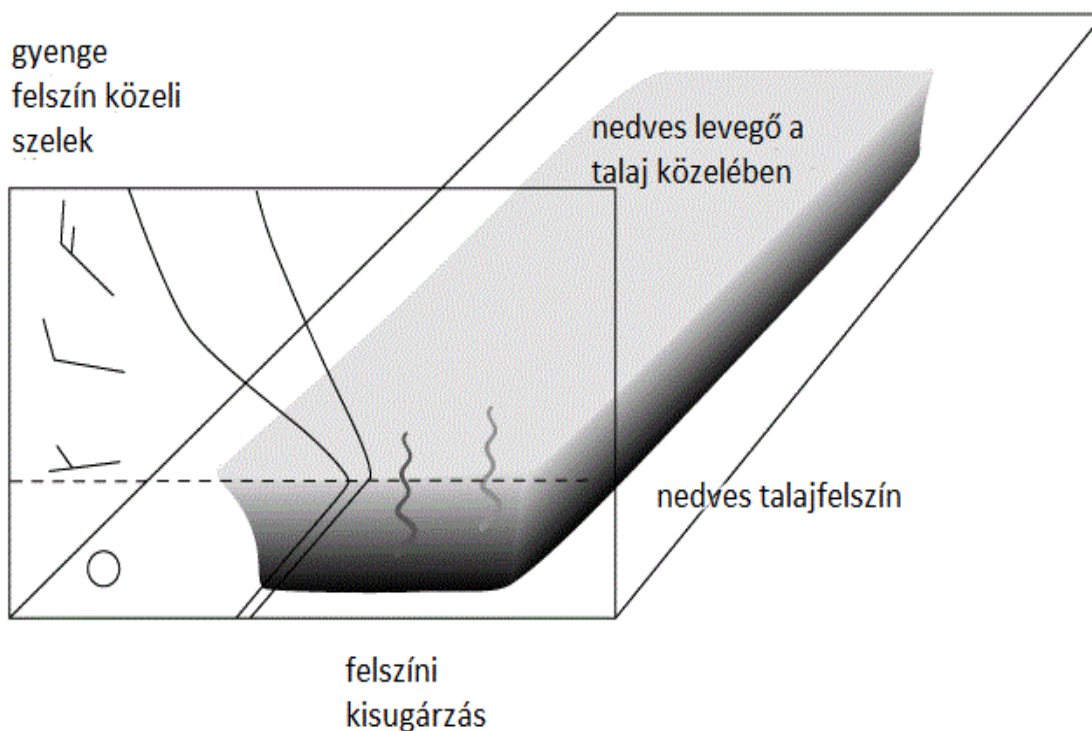
A ködök osztályozásánál megkülönböztetünk légtömegben belüli és frontokkal kapcsolatos ködöket. Az előbbieket valamely légtömeg belsejében alakulnak ki, ahol a levegő a telítettséget lehűléssel vagy bepárolgással éri el. Frontális ködök két különböző légtömeg egymásra hatása révén keletkeznek.

#### ***1.3.1. Radiációs köd***

Kisugárzási köd tipikusan légtömegben belüli köd. Az *1. ábrán* látható a szinoptikus helyzet és állapotgörbe, amely erre a ködfajtára jellemző.



## Radiációs köd



**1. ábra:** Radiációs köd képződését elősegítő szinoptikus helyzet (forrás: <http://www.zamg.ac.at/docu/Manual/SatManu/main.htm?/docu/Manual/SatManu/Short/FgStr/short.htm>)

Ahogy az 1. ábrán is látszik, radiációs köd akkor keletkezik, amikor naplemente után, derült égbolt esetén a talaj közeli levegő hőmérséklete lehül a hosszuhullámú kisugárzás következtében. Ezáltal a talaj közelében a levegő termikusan egyre stabilabb lesz, amely gyengíti és megszünteti a turbulenciát. A kisugárzás következtében a levegő oly mértékben lehül, hogy, bekövetkezik a kondenzáció.

(<http://www.zamg.ac.at/docu/Manual/SatManu/main.htm?/docu/Manual/SatManu/Short/FgStr/short.htm>)

Vastagsága néhány méter és néhány 100 méter között van. Derült időben és gyenge szél esetén éjszaka és kora reggel képződik, napközben általában feloszlik. Kora

tavasszal, késő ősszel és télen gyakori. Anticiklon a legkedvezőbb időjárási helyzet a radiációs ködnek.

A fentiek alapján a kisugárzási köd keletkezéséhez szükséges feltételek: nagy relatív nedvesség a felszín közelében (ekkor már kis hűlés is elengedő a harmatpont eléréséhez), derült ég (ez biztosítja az erős kisugárzást), gyenge talaj menti szél. Ha szélesend van, akkor vagy harmat, vagy sekély talaj menti köd képződik. Ennél erősebb szél átkeveri levegőt, a talaj mentén felosztatja a ködöt, és az átkeveredés alacsony szintű felhők kialakulásához vezet (Sándor és Wantuch, 2005).

Radiációs köd feloszlást elősegíthetik a következő mechanizmusok:

- a talajról származó hő felemeli a ködöt, és alacsony szintű felhőzet (télen St, máskor inkább Sc) képződik belőle,
- a felhőtakaró növekedése a köd fölött visszafogja a kisugárzás okozta hűlést, ezáltal a köd további vastagodását,
- vastagabb ködréteg esetén a földre és növényzetre kicsapódó cseppek jelentősen hozzájárulnak a köd feloszlásához,
- ahol vékonyabb a köd, a napsugárzás elérheti a földfelszínt, felmelegíti azt és ez a köd elpárologásához vezet. A nyári időszakban a rövid éjszakák miatt nincs a ködnek ideje elég vastagra képződni, a reggeli napsütés elkezd felosztatni a ködfoltokat, és az ebből származó nedvesség akár a nap folyamán kialakuló gomolyfelhőket (Cu, Sc) táplálhatja.

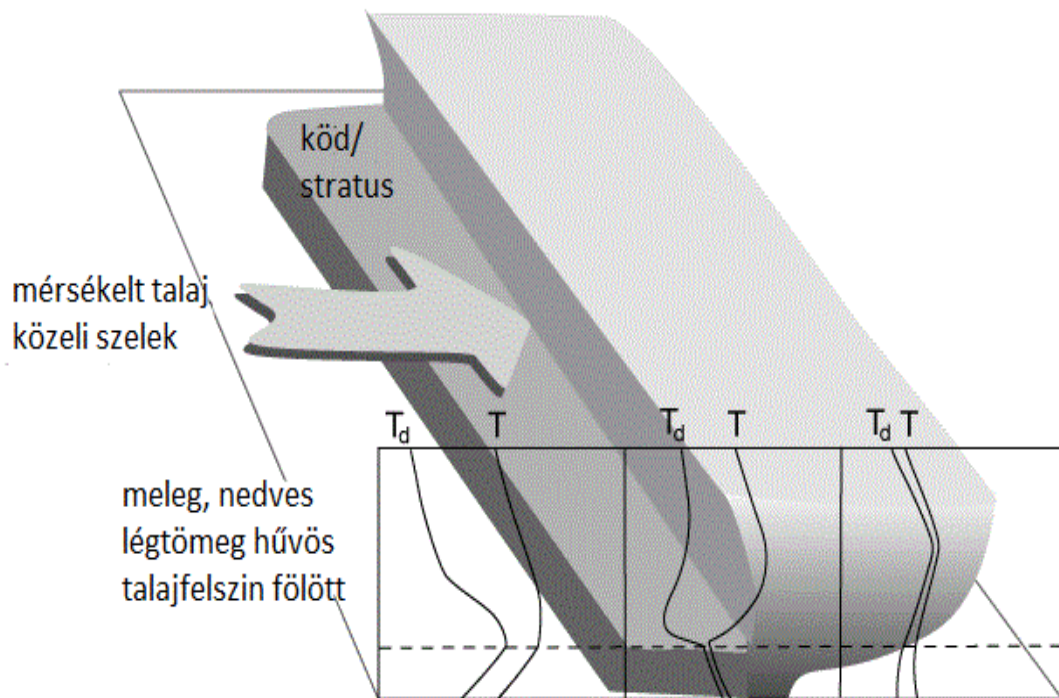
(<http://www.zamg.ac.at/docu/Manual/SatManu/main.htm?/docu/Manual/SatManu/Short/FgStr/short.htm>)

### **1.3.2. Advekción köd**

Advekción köd akkor keletkezik, ha meleg, nagy nedvességtartalmú levegő áramlik a hidegebb felszín fölé. A meleg levegő alsó rétege a hideg felszíntől lehűlve telítetté válik és bekövetkezik a kicsapódás. Advekción ködök keletkezéséhez, mérésenkelt (3-7 m/s-os) légmozgás a legkedvezőbb, amely egyrészt megfelelő átkeveredést biztosít, másrészt lehetővé teszi a ködréteg horizontális elmozdulását.

Gyorsan váratlanul képződik, sűrű vastag rétegben jelentkezik, ezért például a repülésre különösen veszélyes. Ezt kialakító szinoptikus helyzet és hőmérsékleti profil látható a 2. ábrán.

## Advekción köd



**2. ábra:** Advekción köd képződését elősegítő szinoptikus helyzet (forrás: <http://www.zamg.ac.at/docu/Manual/SatManu/main.htm?/docu/Manual/SatManu/Short/FgStr/short.htm>)

### 1.3.3. Frontális köd

Ködök keletkezhetnek frontálzónákban is, front előtt vagy front mögött. Az első esetben a melegfront felhőzetéből a hideg levegőbe hulló viszonylag meleg esőcseppek párolgása okozza a telítettséget. Ilyenkor a front előtt mintegy 50-100 km-es térségben alacsony St felhőzet vagy köd keletkezik. Ezt prefrontális ködnek nevezik, a front átvonulása után megszűnik.

A frontális köd úgy is keletkezhet, hogy a felhőrendszer leereszkedik a földfelszínre. Az ilyen köd is a front átvonulásával megszűnik, de némely hegyes-dombos vidékeken megmaradhat.

Bizonyos helyzetekben posztfrontális köd is kialakulhat. Ha a melegszelet levegője hideg felszín fölé áramlik, alacsony St vagy köd keletkezik. Az ilyen módon kialakult köd tulajdonképpen áramlási köd (*Sándor és Wantuch, 2005*).

#### **1.3.4. Köd advekción**

Esetenként számolni kell a már máshol kialakult köd áthelyeződésével is. A Kárpát-medencében vannak olyan területek, ahol a feltételek különösen kedvezőek a ködök kialakulásához, és fennmaradásához. Ilyenek a medence keleti és déli vidékei, a Tiszántúl. Kora ősztől kora tavaszig többször előfordul, hogy az ország délkeleti vidékén keletkezett ködök a légnyomási gradiens megnövekedésének hatására hajlamosak elmozdulni a mezoléptékű nyomási képződmények áramlási mezejét követve, északnyugati irányba haladni, egyes helyeken 10-20 perc alatt 200-400 m alá rontva a látástávolságot (*Tuba, 2009*).

Ilyen helyzetekben meglepő, hogy nem lehet a ködös levegő mozgására következtetni, mert az észlelőállomáson általában szélcsendet vagy 1-2 m/s-os változó irányú szelet adnak. A köd beáramlása viszont ennél sokkal gyorsabban 4-6 m/s-os sebességgel történik. Ebből arra lehet következtetni, hogy a mozgásukat a magasban elhelyezkedő vezetőáramlás határozza meg, ami valahol 50 és 300 m között található. (*Sándor és Wantuch, 2005*).

#### **1.4. A hideg légpárna**

A hideg légpárna a Kárpát-medence egy téli félévre jellemző sajátos jelensége, amely sok esetben a látástávolság romlásával és köd kialakulásával is jár.

A hideg légpárna a Kárpát-medence szinoptikus klimatológiai sajátosságainak egyike, amihez országunk földrajzi fekvése is nagymértékben hozzájárul. Hazánk Közép-Európa egyik környezetétől jól elkülönülő természetes tájának, a Közép-Duna Kárpátok és Alpok övezte nagy medencéjének belsejében, a medence középső és nyugati területét zárja határai közé. Ennek a medencejellegnek fontos természeti és

földrajzi következményei és hatásai vannak. Alapvető szerepe van a medence-hatásnak a hideg légpárna kialakulásában, és amennyiben létrejön a hideg légpárna, valamint a rá jellemző időjárás, akkor az fekvésünk medencejellegénél fogva Magyarország egészét érinti (Bóna, 1986).

A hideg légpárna kialakulása általában lassú folyamatban következik be. Természetesen előfordulnak olyan helyzetek, amikor a hideg légpárna nagyon gyorsan, egyik napról a másikra ki tud alakulni.

Ezekre a hideg légpárnás időjárási helyzetekre jellemző az egyenletesen hideg idő. Amikor a kisugárzás útján keletkező köd megemelkedik, alacsonyszintű rétegfelhő (*St*) keletkezik, amely napokig teljes borultságot okozhat. Ha magassági felmelegedés következtében jön létre hideg légpárna, akkor az inverzióban keletkező felhőzet egybeolvadhat a kisugárzási köddel, tehát ebben az esetben átmeneti ideig zárt köd, zúzmara is jellemző (Bóna, 1986).

Ha szeretnénk pontosan megfogalmazni, hogy tulajdonképpen mit is nevezhetünk hideg légpárnának, akkor azt mondhatjuk, hogy a hideg légpárna nem más, mint a téli félév stabil inverziós helyzeteiben a talaj közelében megrekedt, erőteljes vízszintes és függőleges mozgás hiányában átkeveredésre, vagy eltávozásra képtelen, akár több napig is a medencében maradó és általában hidegebbé való légtömeg. Ilyenkor az 1000-2000 m közötti rétegben melegebb van, mint a talaj közelében. Ez az elnevezés arra utal, hogy a Kárpát-medencét az alsó légrétegekben hideg, gyakran nyirkos levegő tölti ki, miközben a magasban enyhe levegő található. A Kárpát-medencét kitöltő alacsonyszintű felhőzetre (*St*) az előrejelzésekben ugyanúgy a felhő elnevezést használják, mint máskor, annak ellenére, hogy a felhőzet teteje sokszor csak pár száz méteren található (Bonta, 2005).

A hideg légpárna kialakulásának egyik szükséges feltétele az, hogy hideg levegő töltsen ki a Kárpát-medence teljes légterét. Ez a hideg levegő általában hidegfronttal érkezik, majd annak elvonulása és a front átvonulását kísérő viharos szél megszűnése után alacsony nedvességtartalmú, tiszta levegő tölti ki a medencét.

## **2. MÓDSZEREK A LÁTÁSTÁVOLSÁG ÉS A KÖD ELŐREJELZÉSÉRE**

Numerikus időjárás előrejelző modellek sok esetben jól használhatóak a különböző időjárási helyzetek előrejelzésére, viszont rossz látási viszonyok és a köd előrejelzésére kevésbé megbízhatóan alkalmazhatóak. Ennek oka főként az, hogy a helyi hatások és a planetáris határréteg komplex folyamatai nem ismertek teljes mértékben. Viszont a mindennapi szinoptikus operatív gyakorlatban, valamint a repülésmeteorológiában, de az automatizálási folyamatokban is igen fontos a látástávolság meghatározása valamilyen speciális numerikus módszer segítségével. 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 (*Niestovaara és Jacobs, 2008*).

A módszerek részletesebb áttekintését és alkalmazásukra egy-két példát a COST9-722 program alapján fogom kifejteni. A COST<sup>9</sup> egy kormányközi európai program, amelyben nemzetközi együttműködés folyik a különböző nemzeti finanszírozású kutatási programok között. A COST létrehozott egy tudományos hálózatot, amely lehetővé teszi tudósok széles körű együttműködését a kutatások terén. A COST-722 a látástávolság és a köd és alacsony szintű felhőzet rövidtávú előrejelzésére specializálódott. A COST-722 keretein belül 14 ország kutatói dolgoztak együtt három munkacsoportban. Ezek a kezdeti adatok, modellek és statisztikai módszerek használata a köd detektálására és előrejelzésére.

### **2.1. Kezdeti adatok: ködklimatológiai elemzések és a műholdas adatok kiértékelése**

Az egyik lehetőség a ködös területek és alacsony felhőzet feltérképezésére a műholdas adatok kiértékelése. Ilyen módszereket használnak például az EUMETSAT<sup>10</sup>-nál, az Ausztriai Meteorológiai Intézetben (ZAMG<sup>11</sup>),

---

<sup>9</sup> COST: European Cooperation in Science and Technology.

<sup>10</sup> EUMETSAT: European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites.

<sup>11</sup> ZAMG: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Ausztriai Meteorológiai Intézet.

a Svéd Meteorológiai Szolgálatnál (SMHI<sup>12</sup>), Météo France-nál, NOAA AVHRR és Meteosat műholdképeket használnak a köd és az alacsony szintű felhőzet detektálásra.

Egy másik módszer a ködöt és a látástávolságot befolyásoló tényezők még jobb megismerésére és az előrejelzések javítására a köd klimatológiai elemzése.

## **2.2. 1D-3D modellek**

Egy harmadik 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.

A modellek viszont többnyire „nem tudják megfogni” a lokális folyamatokat, amik elengedhetetlenek a köd fejlődése szempontjából. Ezek egy része vagy még nem teljesen világos törvényszerűségek szerint zajlanak le vagy a szubgrid skálájú történések kategóriájába esnek az adott numerikus modell esetében, így modellezésük nagyobb felbontást és számítógépes kapacitásokat igényelne (*Niestovaara és Jacobs, 2008*).

Angliában a Met Office-nál nagy térbeli (és egyben időbeli) felbontású modellt használnak a lokális köd előrejelzésére. Ez egy 3 dimenziós numerikus időjárás előrejelző modell, amely a Met Office UM-en (Unified Model) alapul. 1 km-es rácsfelbontással rendelkezik, 76 vertikális szintre, és 50 km x 50 km-es területre készít előrejelzést. A köd képződését nagyon összetett jelenségek határozzák meg. Ilyenek például a nem lineáris kapcsolat a felszín és a fölötte lévő rétegek között, kisugárzás, turbulencia és a lokális áramlási rendszer, amelyre a terület domborzata is hatással van. Ezeket a tényezőket általában nem tartalmazzák pontosan a mezo-skálájú modellek (csak parametrizációval foghatóak meg, nagy bizonytalansággal). Az említett modellek egy átfogó képet tudnak adni arról, hogy a feltételek adottak-e a köd kialakulásához, de a lokális folyamatokat pontosan nem tudják még leírni (*Capon et al., 2008*).

A Météo-France-nál a köd előrejelzésére egy 1 dimenziós modellt használnak, amely részletes fizikai parametrizációval és nagy vertikális felbontással rendelkezik. Ez a numerikus modell a planetáris határreteg mérési adataira és a COBEL-ISBA numerikus modellre épül (*Bergot, 2008*).

A Dán Meteorológiai Szolgálatnál pedig 2000-ben kialakítottak egy csoportot a DMI-HIRALM<sup>13</sup>-ban a látástávolság előrejelzésére (*Nielsen és Petersen, 2008*).

---

<sup>12</sup> SMHI: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, Svéd Meteorológiai Szolgálat.

### 2.3. Statisztikai módszerek

A statisztikai módszereket alkalmazhatónak találták a numerikus modellek hiányosságainak pótlására. Ilyenek például a diagnosztikai modellek, döntési fa és neurális hálózatok alkalmazása (*Niestovaara és Jacobs, 2008*).

A statisztikai módszerek között két lehetőséget különböztethetünk meg: egyik a PP<sup>14</sup> másik a MOS<sup>15</sup>.

Ha az előrejelzési módszert úgy alakítottuk ki, hogy a mért adatokra konstruált módszerrel számítjuk ki az előrejelzendő elemet (általában statisztikai és fizikai módszerek kombinálásával), majd eljárásunkban a mért adatokat, egy modell előrejelzési adataival helyettesítjük (feltételezve, hogy a modell adatok tökéletesek) akkor a PP módszerről beszélünk.

A másik módszer a MOS, a modell eredményekre illesztett statisztikai eljárásokat jelenti, amivel a meteorológus megpróbálja előre jelezni a modellben nem szereplő időjárási elemeket. A módszer megkonstruálása statisztikai paramétereket, eljárásokat rejt magában.

([http://www.lpds.sztaki.hu/projects/completed/ikta3/mellek2\\_2\\_kepekkel.pdf](http://www.lpds.sztaki.hu/projects/completed/ikta3/mellek2_2_kepekkel.pdf))

Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál látástávolság előrejelző modell egy PP modell, amelyről a 4.1. pontban részletesebben fogok írni.

A bemutatott módszerek eredményei egymás fejlődését is elősegítik, ezzel a látástávolság előrejelzésének hatékonyságát növelik.

---

<sup>13</sup> HIRALM: High Resolution Local Area Modelling.

<sup>14</sup> PP: Perfect Prognostical Methods, perfect prognózis módszer.

<sup>15</sup> MOS: Model Output Statistics, modell kimenet statisztika.



### 3. A SZOLNOKI REPÜLŐTÉR KÖDKLIMATOLÓGIAI VIZSGÁLATA

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

Dolgozatom ezen részében a szolnoki repülőtér ködre és látástávolságra vonatkozó klimatológiai vizsgálatának eredményeit fogom bemutatni, amelyet a rendelkezésünkre álló 1991-2006 között óránként mért hőmérséklet, harmatpont, légnyomás, köd, szélsébség, szélirány, felhőzettel való borítottság, valamint a látástávolság adatsorai alapján végeztük el.

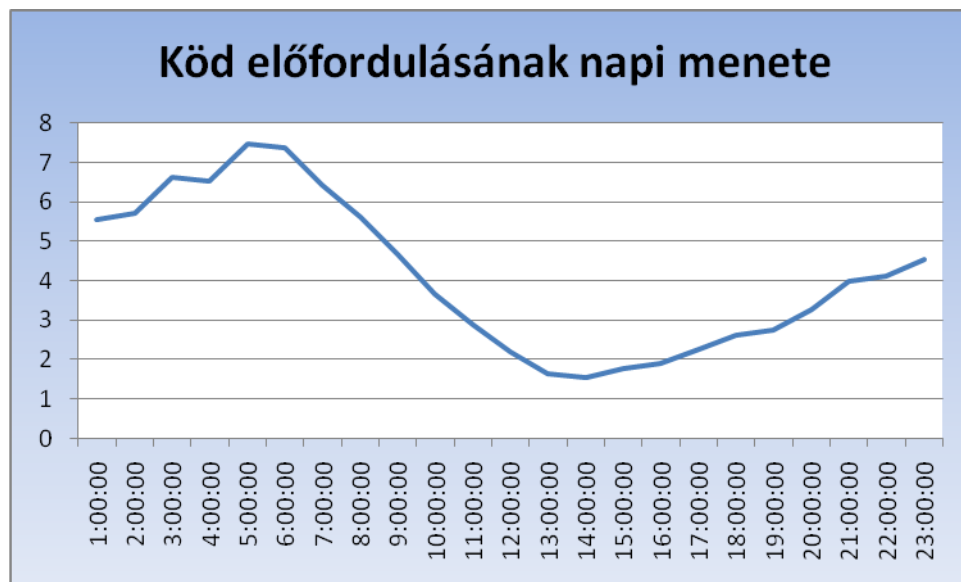
A teljes időszak alatt ködöt 6401 alkalommal észleltek. A köd észlelések előfordulásának aránya hónapos bontásban látható a 3. ábrán. Leggyakrabban novemberben, decemberben, januárban és februárban (1056, 1544, 1773 és 910 alkalommal) fordult elő. Ködöt legritkábban a nyári hónapokban (június, július és augusztus) észleltek (32, 30 és 28 alkalommal) (Wantuch, Bottyán és Deák, 2010).



**3. ábra:** A köd előfordulásának gyakorisága hónapos bontásban

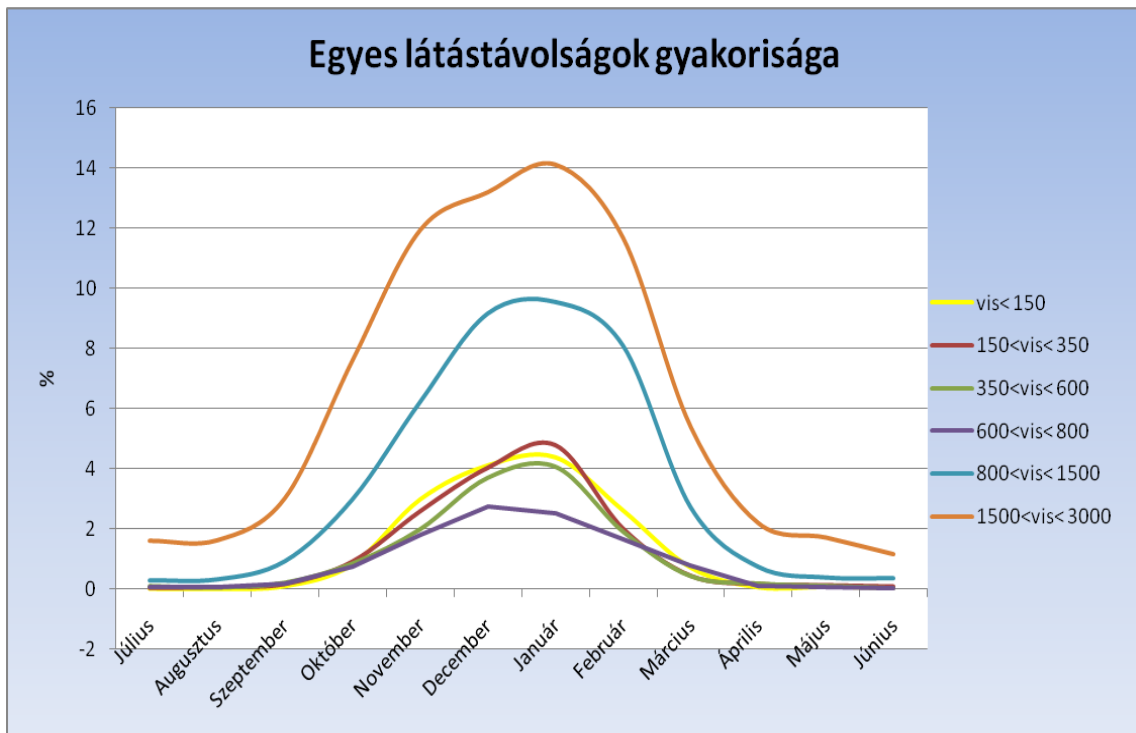
A köd előfordulásának napi menetét (4. ábra) reggeli 5-6 órai maximum (UTC-ben), és kora délutáni minimum jellemzi. Tudjuk, hogy a gyenge turbulencia elősegíti a

ködképződést. A nappali konvekció a szélsébség és a 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). Ugyanakkor a hőmérséklet napi menete is alátámasztja ezt a tényt, továbbá a harmatpont-deficit is hasonló napi menetet mutat az erős hőmérsékleti és/vagy nedvességi advekció nélküli napokon.



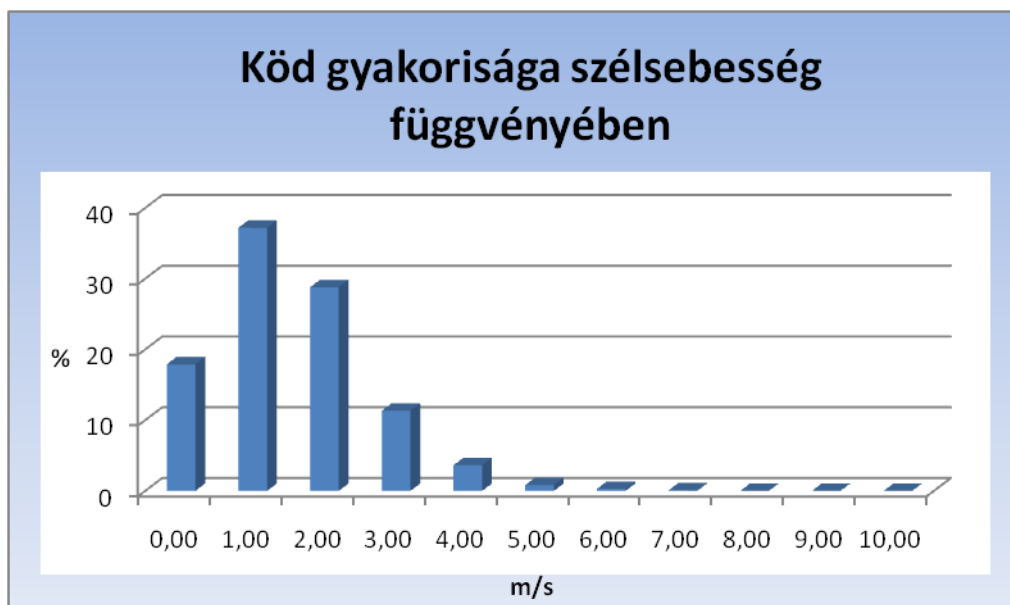
**4. ábra:** A köd előfordulásának napi menete

Az 5. ábrán a látástávolságok gyakorisága látható, amelyekben a látástávolság kategóriákat az AMD TAF-ban meghatározott kategóriák alaján adtam meg. Ezek így a következőképpen alakulnak: 150 méter alatt, 150 méter és 350 méter, 350 méter és 600 méter, 600 méter és 800 méter, 800 méter és 1500 méter, 1500 méter és 3000 méter között. Ez az ábra is jól mutatja, hogy a rossz látástávolság a téli hónapokra jellemző, a maximális gyakoriságok december, január hónapra esnek. Az 5. ábrán látható kategóriák között a 1500 és 3000 méter közötti látás fordul elő a leggyakrabban (15%). Ezt követi a 800 és 1500 méter közötti kategória (maximális gyakorisága kb. 9%). Ennél kisebb valószínűséggel, 3 kategória, közel azonos maximális gyakorisággal (4%) rendelkezik: kisebb mint 150 méter, 150 és 350 méter között és 350 és 600 méter között kategória. A legkisebb gyakorisággal a 600 méter és 800 méter közötti látástávolság rendelkezik. Ennek okát abban látom, hogy a kategória látástávolság értékei átmeneti időszakokban jelntkeznek, s így nem maradnak meg tartósan. Azaz amikor még nem állt be a köd, és még romlik a látás vagy már javuló látástávolság esetén (Wantuch, Bottyán és Deák, 2010).



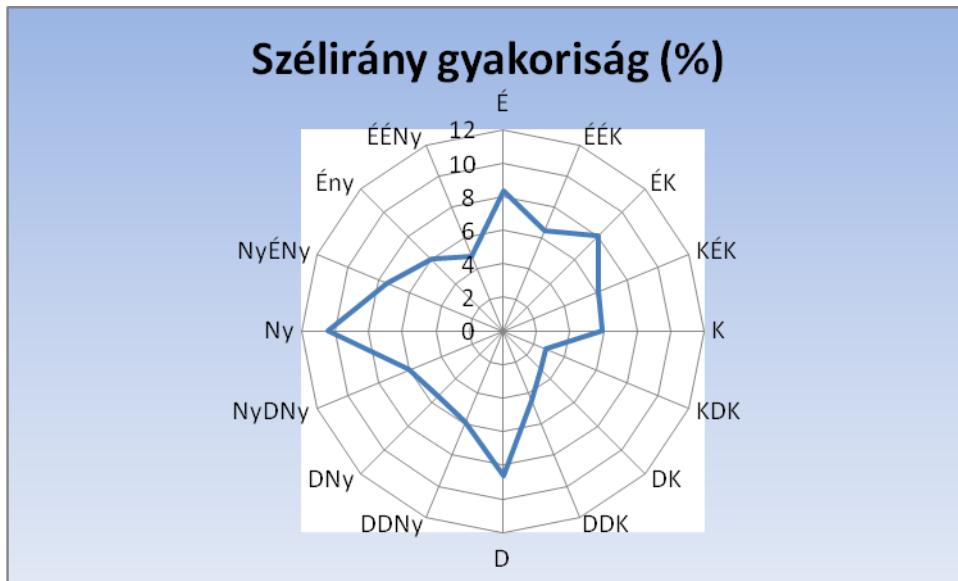
**5. ábra:** Az egyes látástávolság osztályok gyakorisága

Köd leggyakrabban 1-2 m/s-os (37% és 29%) szél esetén alakul ki, ennél nagyobb szélesebesség esetén egyre kevésbé valószínű. 7 m/s-os szél mellett köd már csak 5 alkalommal fordult elő, ennél nagyobb szélesebesség esetén egyetlen alkalommal sem keletkezett (6. ábra) (Wantuch, Bottyán és Deák, 2010).



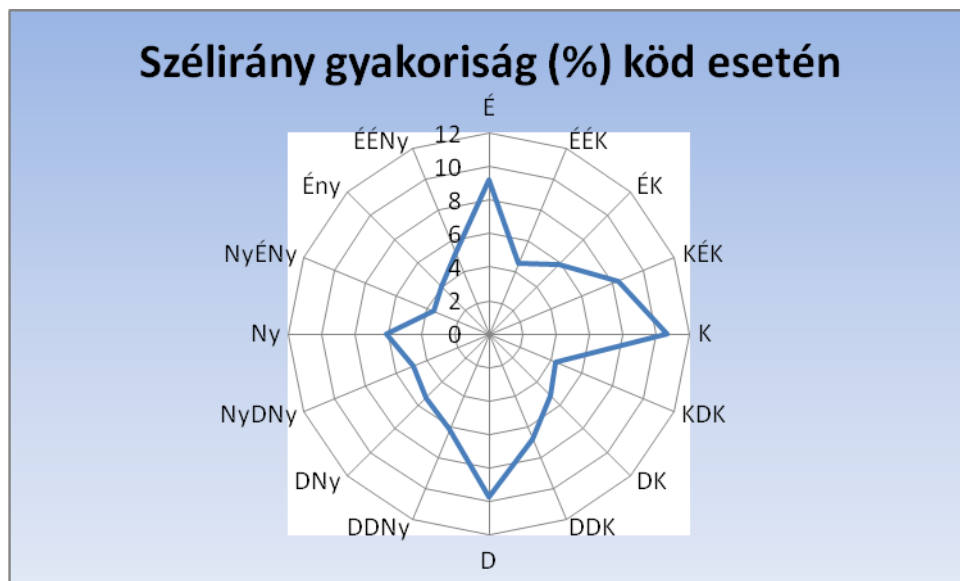
**6. ábra:** A köd gyakorisága a szélesebesség függvényében

A szélirány alakulását köd esetén a 7. ábra mutatja.



**7. ábra:** Szélirány gyakoriság

Az adatsor alapján az uralkodó szélirány Szolnokon É-ÉK-i, Ny-i, D-i. Megállapítható hogy köd leggyakrabban K-i és D-i szél esetén fordul elő, ezen kívül jellemző még É-i szél esetén is (8. ábra).



**8. ábra:** Szélirány gyakoriság köd esetén

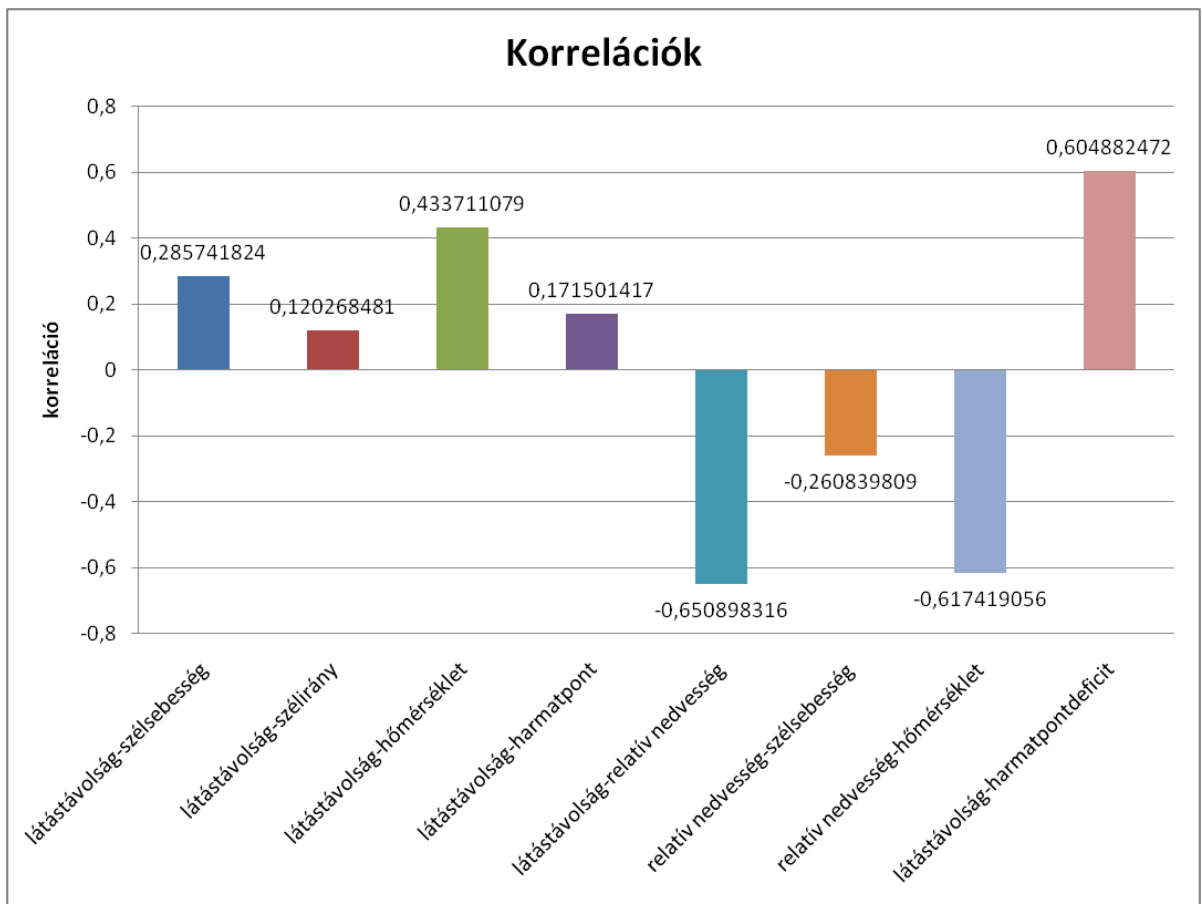
### **3.1. Egyes állapotjelzők és a látástávolság kapcsolata**

A 15 éves adatsor alapján vizsgálatot végeztünk arra vonatkozóan is, hogy milyen kapcsolat van a látástávolság és az egyes állapotjelzők változása között. A kapcsolat szorosságát célszerű egy mérőszámmal jellemezni. Nagyon sok ilyen mérőszám létezik, ezek közül a legelterjedtebb az ún. korrelációs együtthatót választottuk, ami a mérések közötti lineáris kapcsolat szorosságát méri. A korrelációs együttható értékei -1 és 1

között vannak. Az előjel arra utal, hogy az egyik mennyiség növekedésével a másik nő vagy csökken. Független változók esetében a korrelációs együttható értéke 0, és minél szorosabb (lineáris) összefüggés van két változó között, annál közelebb áll a korrelációs együttható abszolút értéke az 1-hez.

Erős korrelációról beszélhetünk, ha a korrelációs együttható értéke nagyobb mint 0,6. Gyengén erős korrelációról 0,4 és 0,6 között és gyenge korrelációról 0,4 alatt beszélhetünk (ezek az értékek természetesen függenek az esetszámtól is).

A teljes adatsorra számított korrelációk alapján, kapcsolatot véltünk feltételezni a látástávolság-harmatpontdeficit, a látástávolság-relatív nedvesség, relatív nedvesség-hőmérséklet, illetve gyenge kapcsolatot a látástávolság és a szélesebesség között. A vizsgálatból kapott korrelációs együtthatók értékeit a 9. ábrán láthatjuk.



**9. ábra:** A teljes adatsorra számított korrelációs együtthatók értékei

További vizsgálatok végett kategóriákat alakítottunk ki, szélirányok és hónapok szerint és ezek alapján végeztük el a korrelációs együtthatók számításait.

A szélirány esetén nyolc kategóriát (É, ÉK, K, DK, D, DNy, Ny, ÉNy) alkalmaztunk, ezekben számítottunk korrelációkat. A 10. ábrán látható, hogy a

látástávolság és a szélesség között legerősebb kapcsolat ÉNy-i szél esetén van, kapcsolat látható még É-i és Ny-i irányokban is.

Általában Szolnok felé köd, a tapasztalatok szerint, D-i, DK-i és K-i irányokból szokott advektálódni. Ez relatíve nagyobb szélességgel jár azokból az irányokból, viszont a látástávolságok ebben az esetben is, a ködnek megfelelően kicsik. Ezek miatt kaphattam a K, DK, D irányokra a legkisebb korrelációs együtthatókat. Viszont É-i és Ny-i irányokból nem jellemző köd-advektáció, így kisebb szélesség értékekhez tartoznak a kicsi látástávolságok, ezért kaphattunk nagyobb korrelációs együttható értékeket.



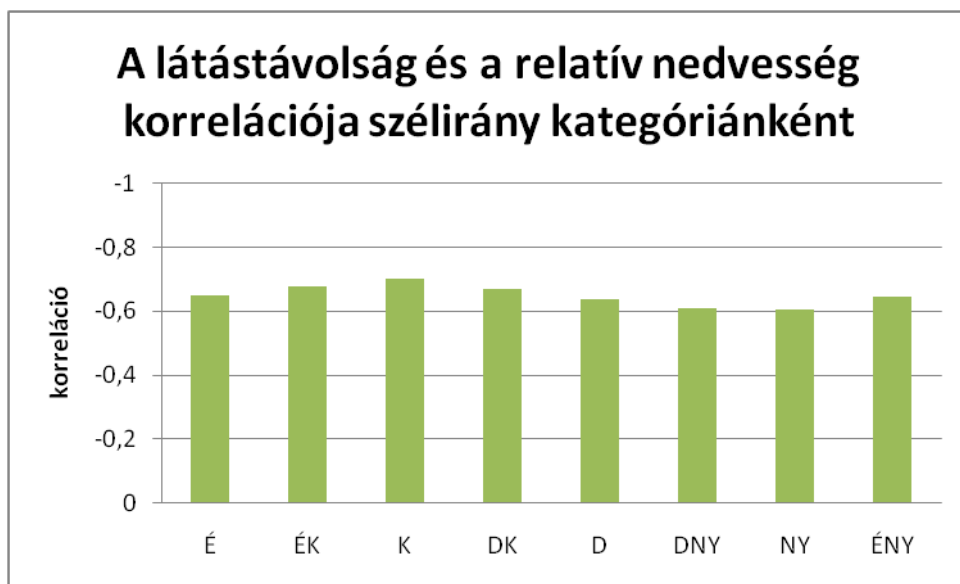
**10. ábra:** A látástávolság és a szélesség korrelációja szélirány kategóriánként

A következő a látástávolság és a hőmérséklet korrelációjának vizsgálata, amely a *11. ábrán* látható. Mindegyik szélirány kategóriára, olyan értékeket kaptunk, amelyekből kapcsolatra következtethetünk. Legerősebb kapcsolat a K-i, DK-i, D-i, DNY-i irányokban tapasztalható.



**11. ábra:** A látástávolság és a hőmérséklet korrelációja szélirány kategóriánként

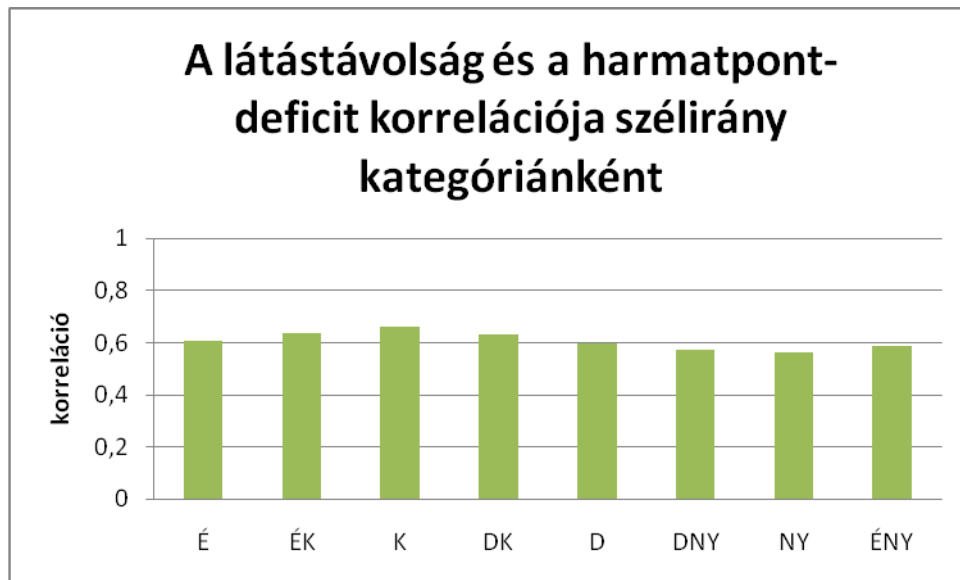
A relatív nedvesség és a látástávolság korrelációs együtthatóinak számítása során (12. ábra), a vártak megfelelő értékeket kaptunk. Minden kategóriára -0,6 vagy annál kisebb értékek adódtak, azaz erős korrelációról beszélhetünk mindegyik esetben, azaz gyenge látástávolság esetén, nagy relatív nedvesség tapasztalható.



**12. ábra:** A látástávolság és a relatív nedvesség korrelációja szélirány kategóriánként

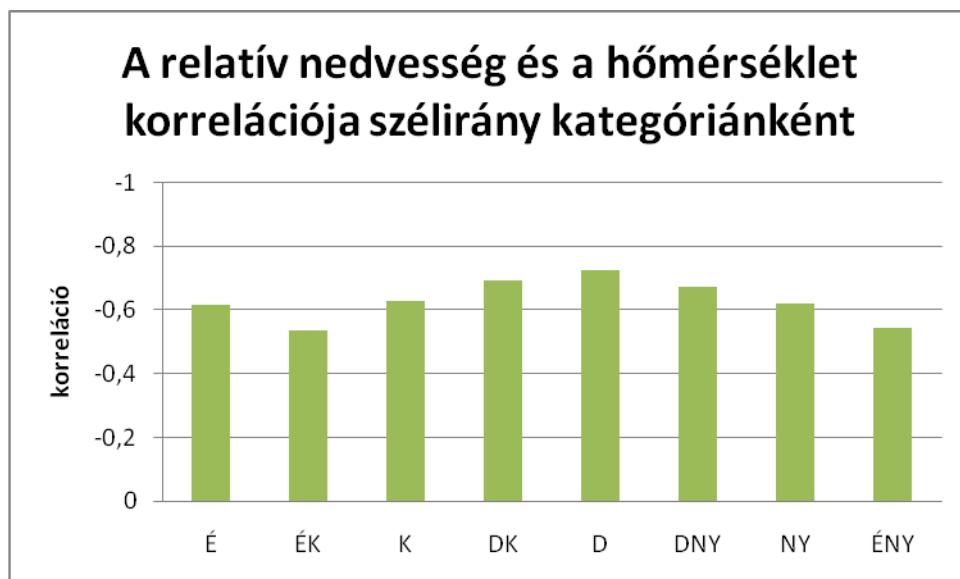
A látástávolság és a harmatpont-deficit korrelációja a 13. ábrán látható. Szintén a vártak megfelelően, irányonként egységesen erős korrelációs együtthatókat kaptunk, egy kicsit, gyengébbet csak a DNY-i, NY-i irányokban. A definíció szerint a harmatpont-deficit a levegő pillanatnyi hőmérsékletének és a páratartalom segítségével kiszámolt harmatpontjának különbsége. Másként értelmezve a szám megadja, hogy – izobárikusan

és nedvességi advekciónélkül – a levegő hőmérsékletét hány Celsius fokkal kellene lecsökkenteni, hogy a léghő telítetté váljon. Kis harmatpont-deficit nagy nedvességtartalomra enged következtetni, amely sok esetben a látástávolság leromlásával jár. A kiszámított értékek is jól tükrözik ezt.



**13. ábra:** A látástávolság és a harmatpont-deficit korrelációja szélirány kategóriánként

A relatív nedvesség és a hőmérséklet (14. ábra) és a látástávolság és hőmérséklet korrelációs ábráin nagyon hasonló tendenciák figyelhetők meg, pontosan ellentétesen, negatív irányba.



**14. ábra:** A relatív nedvesség és a hőmérséklet korrelációja szélirány kategóriánként



A számítások alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a relatív nedvesség minden egyes szélirány kategóriában egységesen szoros kapcsolatban van a látástávolsággal. A szélesebesség és a hőmérséklet esetén viszont, azt véltük felfedezni, hogy fontos a szélirány. A szélesebesség esetében szoros kapcsolat van a Ny-i, ÉNy-i és É-i irányokban, míg a K-i, DK-i, D-i irányokban gyengébb kapcsolat van. Hőmérséklet esetén ez pont ellentétesen, a K-i, DK-i, D-i irányokban van az erősebb kapcsolat.

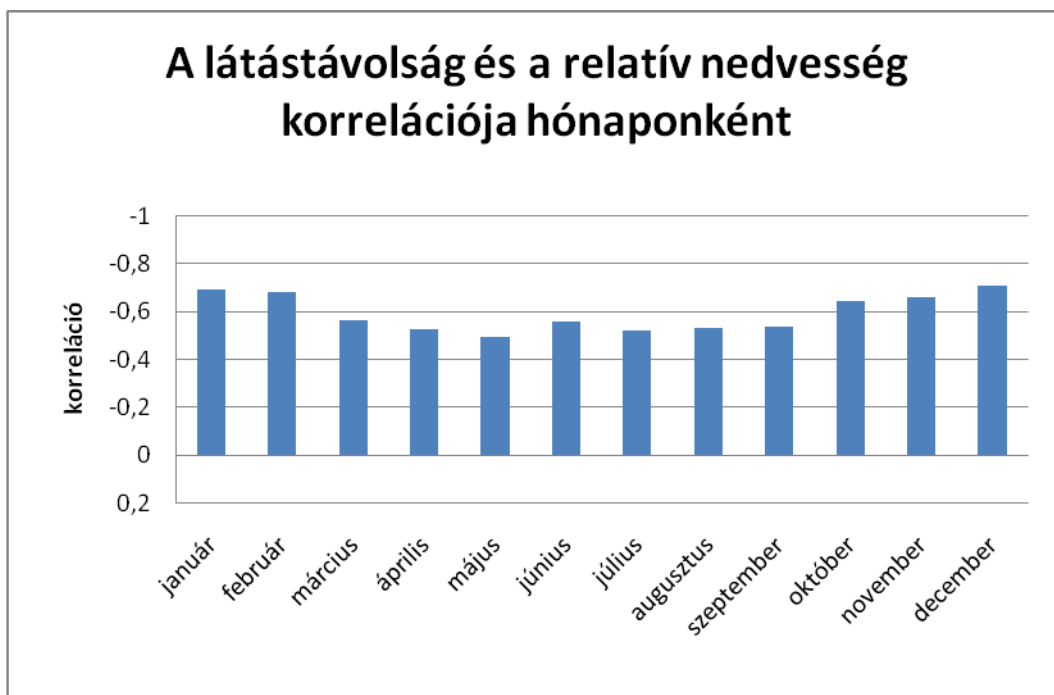
A vizsgálatot tovább folytatva, hónapos bontásban is kiszámítottam a korrelációkat, hogy kiderüljön, az év bizonyos időszakában az egyes állapotváltozók milyen kapcsolatban vannak a látástávolsággal.

A 15. ábrán a látástávolság és a szélesebesség korrelációi láthatóak hónapos bontásban. Az éves menet jól kirajzolódik, erősebb kapcsolatot télen, gyengébbet a nyári hónapokban kaptunk.



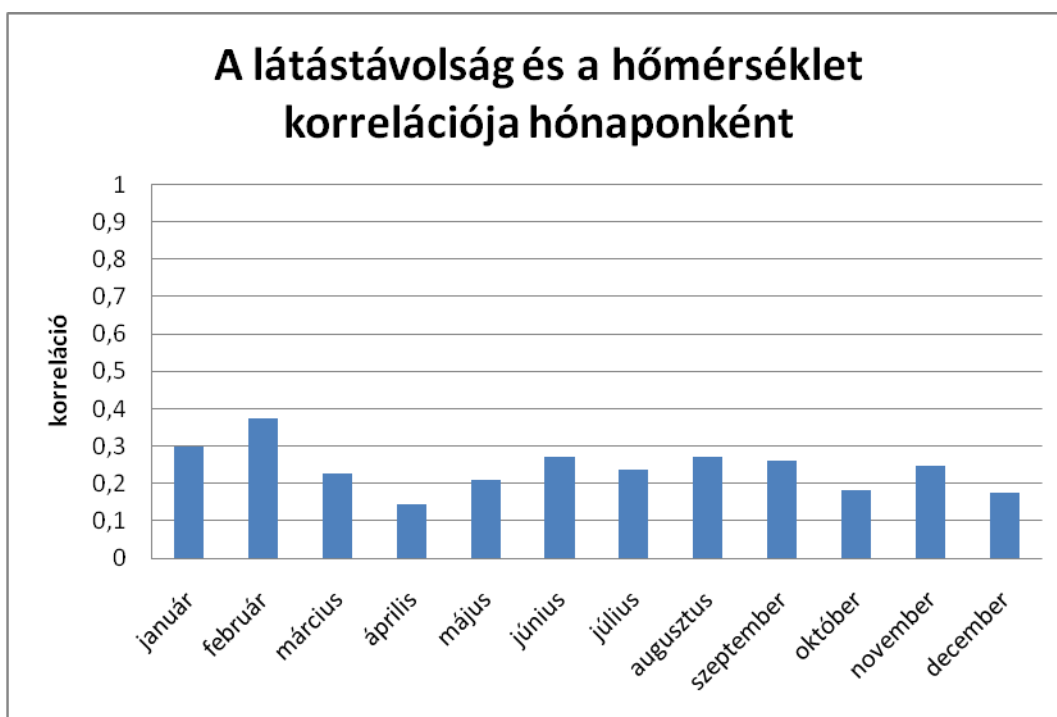
**15. ábra:** A látástávolság és a szélesebesség korrelációja hónaponként

A következő ábrán (16. ábra) a látástávolság és a relatív nedvesség korrelációja látható, hónapos bontásban. Téli hónapokban erős,  $-0,6$  feletti, a nyári hónapokban kicsit gyengébb a korreláció a két mennyiség között.



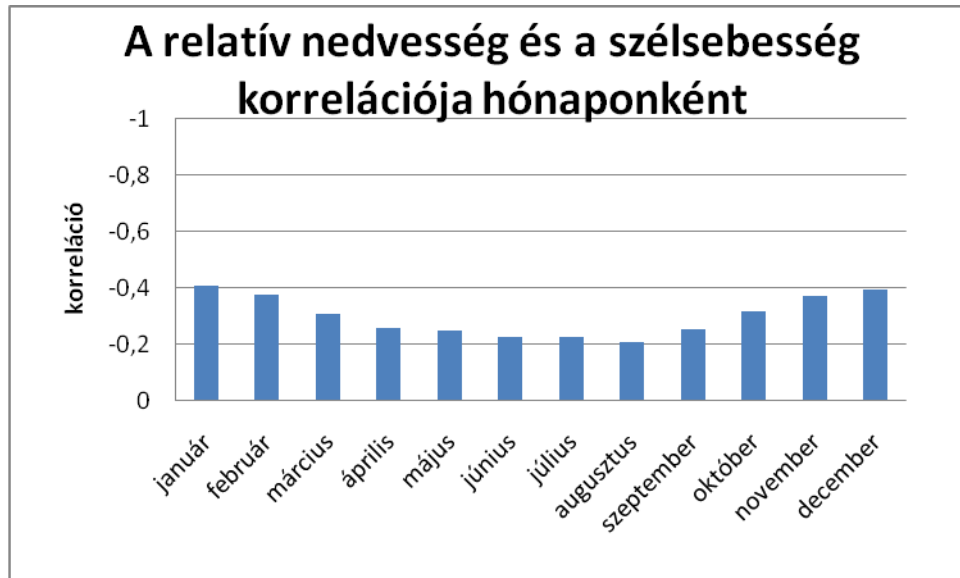
**16. ábra:** A látástávolság és relatív nedvesség korrelációja hónapoként

A látástávolság és a hőmérséklet korrelációja látható hónapokénti bontásban a 17. ábrán. Sem tendencia, sem erősebb korreláció nem figyelhető meg.



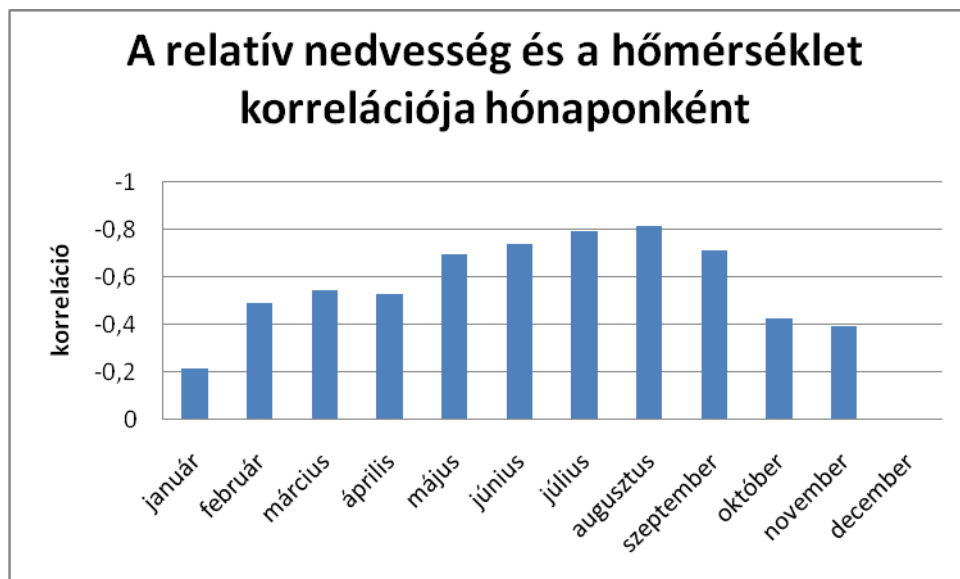
**17. ábra:** A látástávolság és hőmérséklet korrelációja hónapoként

A relatív nedvesség és a szélesség, illetve látástávolság és a szélesség korrelációja nagyon hasonló menetet ír le (18. ábra), azaz téli erősebb, nyári gyengébb kapcsolatok láthatóak. Legerősebb korrelációs együtthatót január hónapra számítottunk.



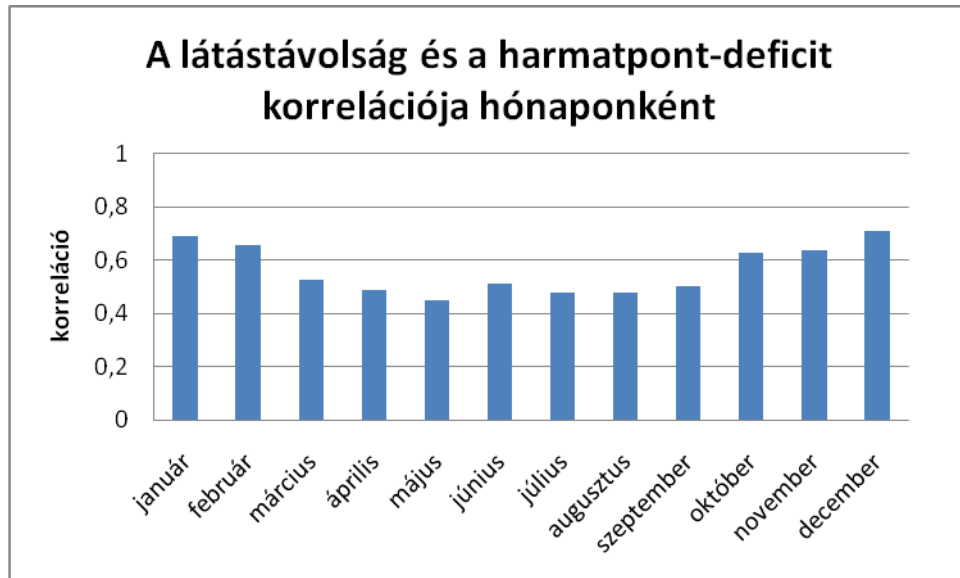
**18. ábra:** A relatív nedvesség és a szélesség korrelációja hónapoként

A relatív nedvesség és a hőmérséklet korrelációs együtthatóit nyári maxim és téli minimum jellemzi.(19. ábra). Ebben az esetben kaptam a legerősebb korrelációkat.



**19. ábra:** A relatív nedvesség és a hőmérséklet korrelációja hónapoként

Erős korrelációkat kaptunk a látástávolság és a harmatpont-deficit között is (20. ábra). Itt is megfigyelhetőek a téli nagyobb korrelációs együtthatók. Legnagyobb értéket (0,7) decemberben és januárban kaptunk.



**20. ábra:** A látástávolság és a harmatpont-deficit korrelációja hónaponként

Összefoglalva az eddigi eredményeket, megállapítható, hogy köd és gyenge látástávolság a téli hónapokra jellemző és legnagyobb valószínűséggel a hajnali órákban fordul elő. Az elvégzett elemzések igazolták, hogy a köd keletkezését elősegíti a gyenge szél. Szolnokon, köd esetén a legjellemzőbb szélirány D-i és K-i.

Az egyes állapotatórózókat vizsgálva kiderült, hogy a látástávolság alakulásának szempontjából az egyik legfontosabb tényező a relatív nedvesség. Az összes szélirány kategóriában és a hónaponkénti vizsgálatban is minden esetben erős korrelációt kaptam, nem voltak kitüntetett irányok, hónapok és évszakok.

Viszont pl. szélsébség esetében az irányonkénti és a hónaponkénti vizsgálat esetén is voltak eltérések az egyes kategóriák között. Szélsébség esetében az É-i, ÉNy-i és Ny-i irányokban kaptam erősebb kapcsolatot. Hónapos bontás esetén a téli időszakban kaptunk magasabb korrelációs együtthatókat.

#### **4. KLÍMA-ADATOKON 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) (Wantuch, Bottyán és Deák, 2010).

Ehhez egy programot írtunk C programnyelven, amelynek forráskódját a függelékben mellékelem. A program ugyanazzal a 15 éves adatbázissal dolgozik, amelyből már az előzőekben bemutatott klimatológiai elemzés is készült.

A program a „leghasonlóbb esetet” az előrejelezni kívánt időponthoz tartozó állapothatározók és az alap adatbázis állapothatározói összehasonlításával keresi meg.

Az összehasonlítás folyamata azon alapszik, hogy a 15 éves alap adatbázis minden időpontjához a program számol egy faktort, amely azt jellemzi, számszerűsíti, hogy az alap adatbázis adott időpontjának állapothatározói mennyire térnek el az előrejelezni kívánt időpont állapothatározóihoz képest. Végül az adatbázis összes időpontjára kiszámolt faktorok közül, kiválasztja a 10 legkisebbet, azaz az előrejelezni kívánt időponthoz képest 10 legkevésbé eltérő esetet.

A faktor tervezésénél figyelembe vettem a klimatológiai elemzés eredményeit, tanulságait. Egy egyszerű %-os módszert választottam. Ekkor a faktor számítása a következőképpen történik:

$$faktör = a + b + c + d + e,$$

ahol pl.

$$a = \frac{|v_{modell} - v_{adatbázis}|}{R_{szél}} \times 100,$$

ahol

$v_{modell}$  az előrejelezni kívánt időpontra a szélesebesség értéke (modell adat),

$v_{adatbázis}$  a 15 éves alapadatbázis adott időpontra vonatkozó szélesebesség értéke,

$R_{szél}$  a referenciaérték, amely a 15 éves adatsor legnagyobb szélesebesség értéke.

Ugyan így számolom **b**, **c**, **d**, **e**-t azaz széliránnyal (**b**), hőmérséklettel (**c**), harmatponttal (**d**), relatív nedvességgel (**e**), természetesen ugyan arra az adott időpontra.

A programot két időszakban teszteltük. Az egyik 2009 novemberében a 8 UTC-s szolnoki látástávolság észlelések alapján történt. Azért ezt az időpontot választottam, mert egyrészt, ekkorra várható legnagyobb gyakorisággal az alacsony látástávolságok előfordulása, másrészt már a téli félévben is nappali fényviszonyok uralkodnak, így az észlelések megbízhatósága jobb, mint éjszakai szituációban. Ugyanakkor, sok esetben az éjjeli, hajnali órákban keletkező köd (ahogyan a 4. ábra is mutatja, ebben az időszakban képződik legnagyobb valószínűséggel köd) feloszlásának ideje is erre az időpontra esik, ami további bizonytalanságot okoz és egyben komoly prognosztikai kihívás az előrejelzők számára. Így a módszer tesztelése az egyik legnehezebben előrejelezhető időszakra történt meg. A másik egy három napos, 2010. 01. 16. és 2010. 01. 18. közötti időszak volt. Ekkor a Kárpát-medence feletti légrést erős inverzió jellemezte, amely következtében folyamatosan gyenge látás és köd volt (4 km-nél jobb látást nem mértek az időszak alatt). Ennek a három napnak az eredményét az óránként mért és előrejelzett adatok alapján vizsgáltuk.

A teszteléshez, az előrejelezni kívánt időpont állapotátározóit az OMSZ MM5 modelladataival adtam meg. Az MM5 naponta négyszer futó mezoskálájú modell, amely 12 órára készít előrejelzést, 6 kilométeres rácsra. A modell a legfrissebb méréseket és az ECMWF előrejelzéseket használja fel számításaihoz (<http://www.met.hu>). A kapott adatokat (NetCDF file-ok) egy konvertáló program segítségével, szöveg formátumúra alakítottam (a 21. ábrán látható), amelyeket kiolvastva, már dolgozni tudtam velük.

Allomas: "SzoInok", 12860  
 Lati: 47.12 Longi: 20.17  
 Elev: 66.79026  
 Kezdoallomany: cumh20091125\_0000  
 Keszult: ZMNE szinop labor

Idolepcso:	+01	+02	+03	+04	+05	+06	+07	+08	+09	+10	+11	+12
Hom.(T/ Cels)2m:	8	9	9	9	9	9	9	10	11	12	13	13
Hom.(T/ Cels)925:	8	8	9	9	8	8	8	8	8	8	8	9
Hom.(T/ Cels)850:	3	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5
Hom.(T/ Cels)700:	-5	-5	-4	-4	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-1	5
Hom.(T/ Cels)500:	-20	-21	-20	-20	-19	-19	-19	-18	-18	-18	-18	-17
Hom.(T/ Cels)300:	-46	-46	-45	-45	-46	-45	-45	-45	-45	-44	-44	-44
Dew(Td/ Cels)2m:	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8
Hom(Td/ Cels)925:	6	5	4	5	4	5	4	3	3	4	3	3
Hom.Td/ Cels)850:	2	2	1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-2	-3
Hom(Td/ Cels)700:	-6	-6	-7	-10	-10	-12	-13	-14	-16	-17	-16	-17
Hom(Td/ Cels)500:	-22	-21	-21	-21	-21	-22	-23	-26	-29	-32	-35	-37
Hom(Td/ Cels)300:	-49	-48	-49	-47	-49	-49	-49	-49	-49	-51	-52	-50
Rel(szazalek)2m:	86	85	85	87	87	88	90	85	80	73	71	71
Rel(szazalek)925:	82	77	70	73	74	76	73	68	70	71	67	63
Rel(szazalek)850:	92	86	74	67	68	68	67	65	62	60	58	55
Rel(szazalek)700:	92	92	76	62	55	49	44	38	31	28	30	27
Rel(szazalek)500:	83	93	85	84	78	73	67	48	36	27	20	14
Rel(szazalek)300:	69	73	59	72	68	63	63	59	57	43	37	50
K index:	18	21	23	24	23	22	21	18	16	14	11	9
TT index:	44	46	47	48	47	46	46	45	46	46	46	47
CT index:	21	22	23	24	24	23	23	23	24	24	24	25
VT index:	23	24	24	24	23	23	23	22	22	22	22	22
0 fok magassaga :	2158	2247	2391	2470	2610	2623	2521	2597	2728	2869	2954	2913
jegesedes (m) :	2498	2500	4249	4917	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999
jegesedes (m) :	3044	3047	4911	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999
jegesedes (m) :	3623	3626	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999
jegesedes (m) :	4240	4244	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999
jegesedes (m) :	4902	4905	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999	-9999
Szel (ira/deg)2m:	242	245	242	241	243	248	240	239	251	258	254	254
Szel (seb/m/s)2m:	3	4	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4
Szel925 (irany) :	286	292	300	308	311	309	311	309	307	301	288	281
Szel ( seb m/s) :	15	17	17	16	14	13	10	9	8	7	7	7
Szel850 (irany) :	302	303	307	307	310	307	304	298	291	284	283	287
Szel ( seb m/s) :	16	16	16	15	12	11	9	8	8	9	10	9
Szel700 (irany) :	311	308	310	310	309	305	302	303	308	311	309	309
Szel ( seb m/s) :	15	15	16	15	13	12	12	14	14	13	13	14
Szel500 (irany) :	319	324	336	339	336	335	332	329	326	323	322	321
Szel ( seb m/s) :	19	19	22	25	24	23	21	19	17	16	15	14
Szel300 (irany) :	347	344	340	342	345	343	340	339	338	337	333	320
Szel ( seb m/s) :	36	35	33	30	29	26	24	23	22	21	19	16
Latastav (km) :	18.6	19.9	18.4	17.3	14.8	14.0	12.2	13.2	14.8	17.3	18.8	17.8

**21. ábra: MM5 modell adatok**

#### **4.1. Országos Meteorológiai Szolgálatnál használatban lévő módszer bemutatása**

A tesztidőszakra összehasonlítást végeztünk Dr. Wantuch Ferenc látástávolság előrejelző modelljével, amit jelenleg is használnak az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSZ). Magyarországon ez volt az a látástávolság előrejelző numerikus modell, amely segítséget nyújt az előrejelzőknek a hagyományos módszereken túl. Ez az OMSZ-nál alkalmazott modell a már említett Perfect Prognózis (PP, perfect prognostical methods) módszeren alapul. A módszer egy széleskörű statisztikai elemzések eredményeként kapott indexet, az FOGSI-t használja a látástávolság és a

különböző fizikai mennyiségek közötti kapcsolatot leírására. Ez az index a következőképpen alakul:

$$FOGSI = 2|T_{sfc} - T_{850}| + 2(T_{sfc} - Td_{sfc}) + 2W_{850},$$

ahol

$T_{sfc}$  a felszíni hőmérséklet,

$Td_{sfc}$  a felszíni harmatpont,

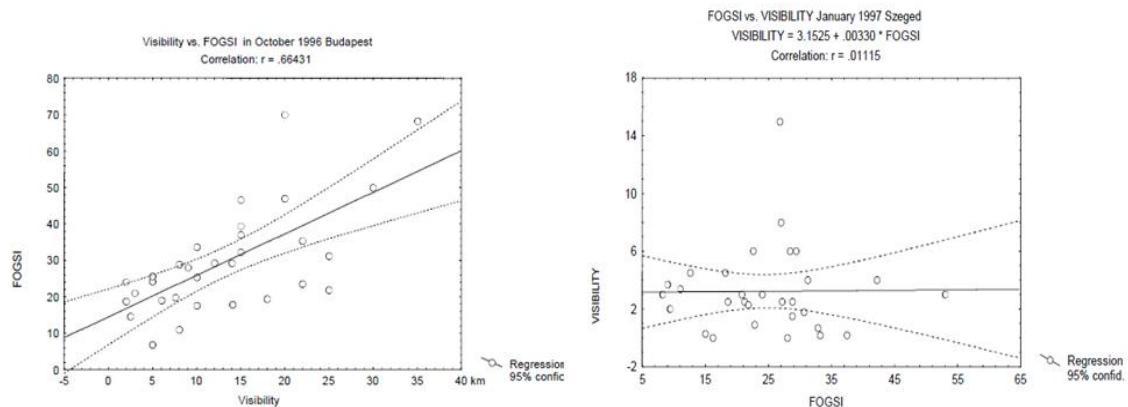
$T_{850}$  a 850 hPa-os szint hőmérséklete,

$W_{850}$  a 850 hPa-os szint szélesség értéke.

FOGSI index figyelembe veszi a légréteg hőmérsékleti gradiensét (ez jellemzi a légréteg stabilitását), a nedvesség és a szél keverési felszín közeli hatását (Wantuch, 2001). A FOGSI index igen magasan korrelál a látástávolsággal, főleg az őszi-téli időszakban, amikor köd és párásság gyakran előfordul. Ez az erős regressziós kapcsolat a következőképpen alakul két éves adatbázis alapján:

$$\text{látástávolság} = -1,33 + 0,45 \times FOGSI$$

Az 22. ábrán 1996. október hónapjában Budapesten mért látástávolság és FOGSI közti kapcsolat látható. Látható egy kritikus tartomány. A felső határa felett megfelelően használható regressziós kapcsolat a látástávolság számítására. Illetve, hogy ha a FOGSI kisebb mint az intervallum alsó határa, előrejelezhető a köd minden esetben.



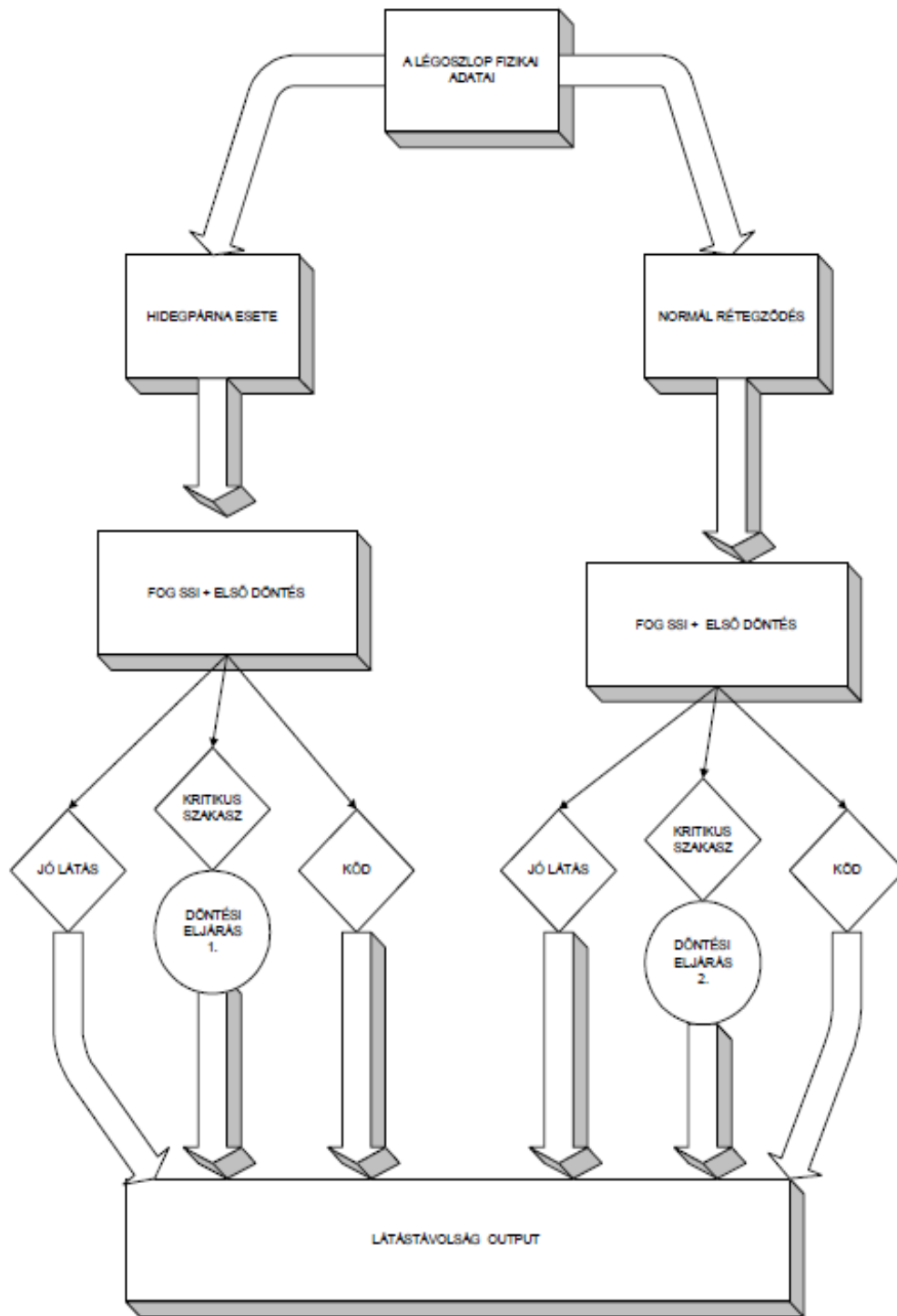
**22. ábra:** A mért látástávolság és FOGSI index közti kapcsolat (Budapest, 1996. október, Szeged, 1997. január)



Ahogy az a 22. ábrából is látható, a kritikus tartományban a legnagyobb a szórás, és ha olyan a mintavételezés, hogy csak ebből a tartományból származnak az elemek, mint az például a 22. ábránál elő is fordul (egy januári ködös hónap esetében), akkor gyakorlatilag nem lehet támaszkodni statisztikai eredményekre. Tehát hogy ha a légállapot alapján számított FOGSI, ebbe a tartományba esik, akkor további fizikai jellegű eset-szétválasztásra van szükség, hogy el tudjuk különíteni egymástól a látási kategóriákat (Wantuch, 2001).

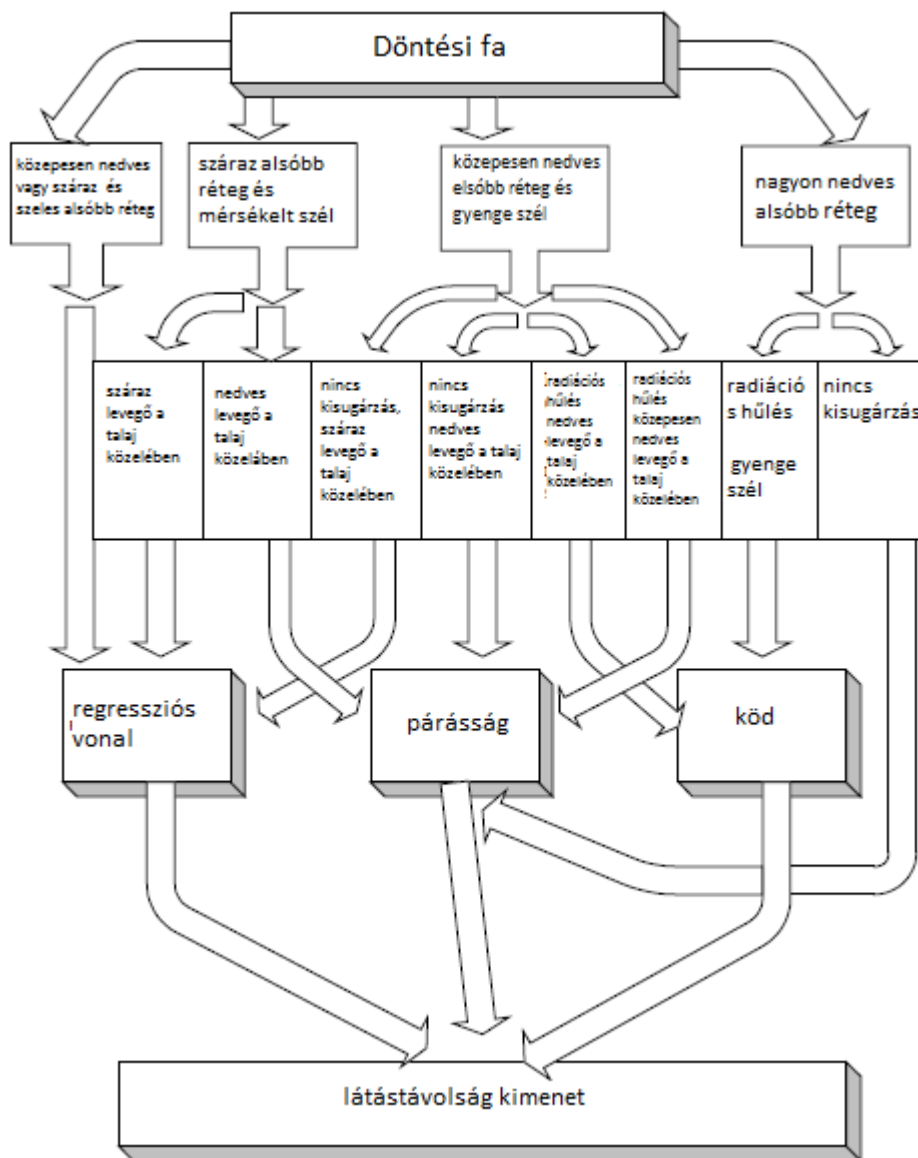
A vizsgálatokból kiderült, hogy a téli időszakban a hideg levegő összegyűlik a felszín közelében, főként medencékben, völgyekben. Sokszor a felszín hőmérséklete 2-5 °C-kal hidegebb, mint a 850 hPa-os szinté, extrém esetben elérheti akár a 10 °C-ot is. Ezt az inverziós rétegződést hideg légpárnának nevezik. (Tóth, 1984; Bóna, 1986). Ez a jelenség egy nagyon stabil állapota a légkörnek. Szükséges ezeket hideg légpárnás esetek is külön kezelni, számukra is külön kategóriákat, küszöbértékeket kialakítani.

Ez a módszer a kritikus kategórián belüli látástávolság értékek meghatározására külön döntési eljárást használ. A 23. ábrán látható az egész módszer menete összefoglalva.



**23. ábra:** A látástávolság becslő rendszer menete (Forrás: Wantuch, 2001)

A 24. ábrán pedig azt látható, hogy a kritikus szakaszban a döntési eljárás milyen lépésekből áll össze. Minden egyes részegysége egy fontos tulajdonságát jellemzi a levegőoszlopnak (Wantuch, 2001).



24. ábra: Döntési eljárás menete a látástávolság meghatározására (Forrás: Wantuch, 2001)

#### 4.2. A tesztidőszakok eredményei

Az imént vázolt, az OMSZ-nál operatív használatban lévő program és az általunk kipróbált módszer tesztelésének az eredményeit foglalom össze.

##### 4.2.1. 2009. november

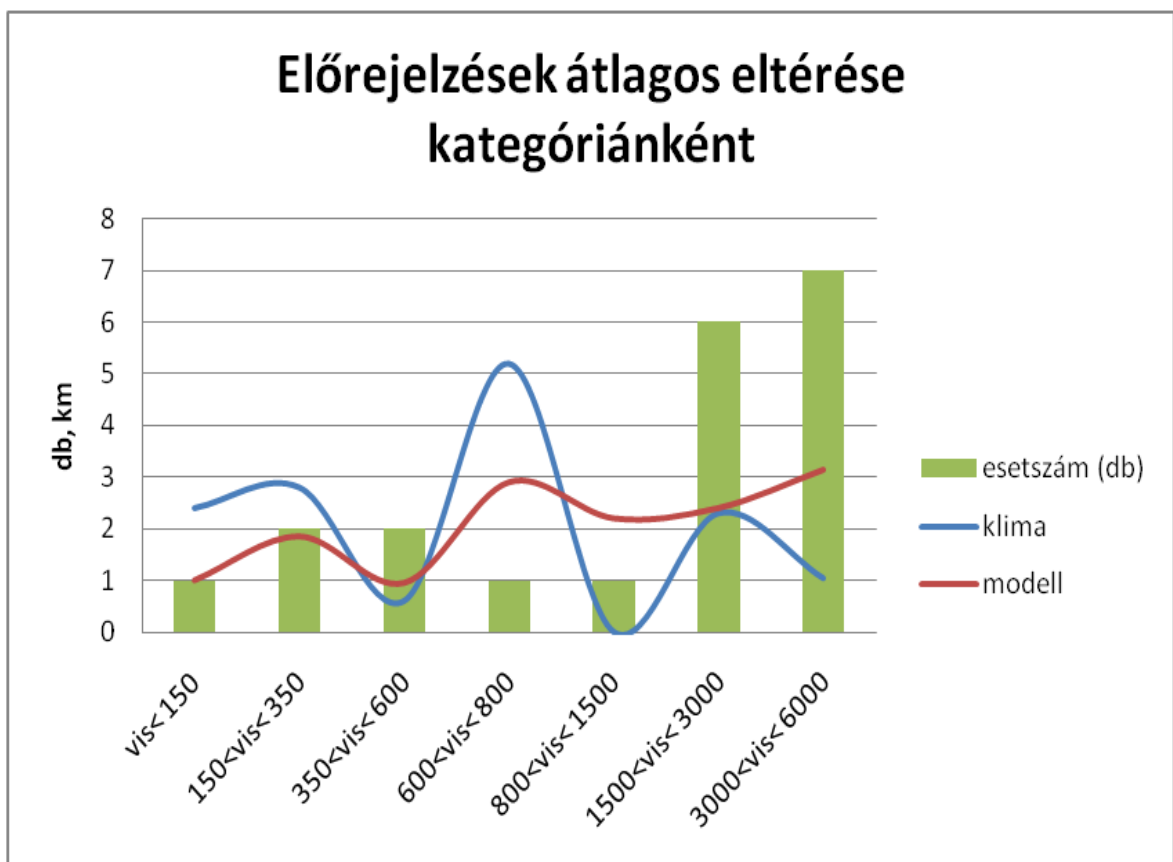
Az első tesztidőszakra rendelkezésünkre álltak a reggel 8 UTC-s valós látástávolság adatok, így, ehhez képest vizsgáltam a módszereket. A jelzett időszakban a klímaadatokon alapuló program és az OMSZ-nál használt modell hasonló átlagos eltéréseket mutatott a valós látástávolságokhoz képest. A Szolgálatnál használt módszer

esetén 2,82 km, az általam kipróbált módszer eseten pedig 2,97 km volt az átlagos eltérés értéke.

További részletesebb vizsgálatok során megnéztük, hogy az egyes látástávolság kategóriákra milyen átlagos eltérések mutatkoznak. A kategóriákat itt is az AMD TAF-ban megadott határok szerint adtuk meg. A 25. ábrán a zöld oszlopok az esetszámot jelölik. Sajnos vannak olyan kategóriák, amelyekre kevés esetszám jutott, így nem mindenhol tekinthető reprezentatívnak a vizsgálatunk. Jelenleg csak ennyi adat állt rendelkezésünkre, amellyel tesztelni tudtam a módszert, de későbbiekben tervezzük ezt több adattal is elvégezni.

A kék görbe a saját módszerünk, a piros pedig az OMSZ-nál használt módszer, a valós látástávolsághoz képesti átlagos eltéréseket mutatja km-ben.

A tesztidőszakunkban a köd, azaz 1 km alatti látás esetén általában az Országos Meteorológiai Szolgálatnál futó modell jobb eredményt adott, kisebb átlagos eltéréseket adott. Párasság esetén (1-5 km-es látástávolság) viszont, a klímaadatokon alapuló módszer tűnt sikeresebbnek.

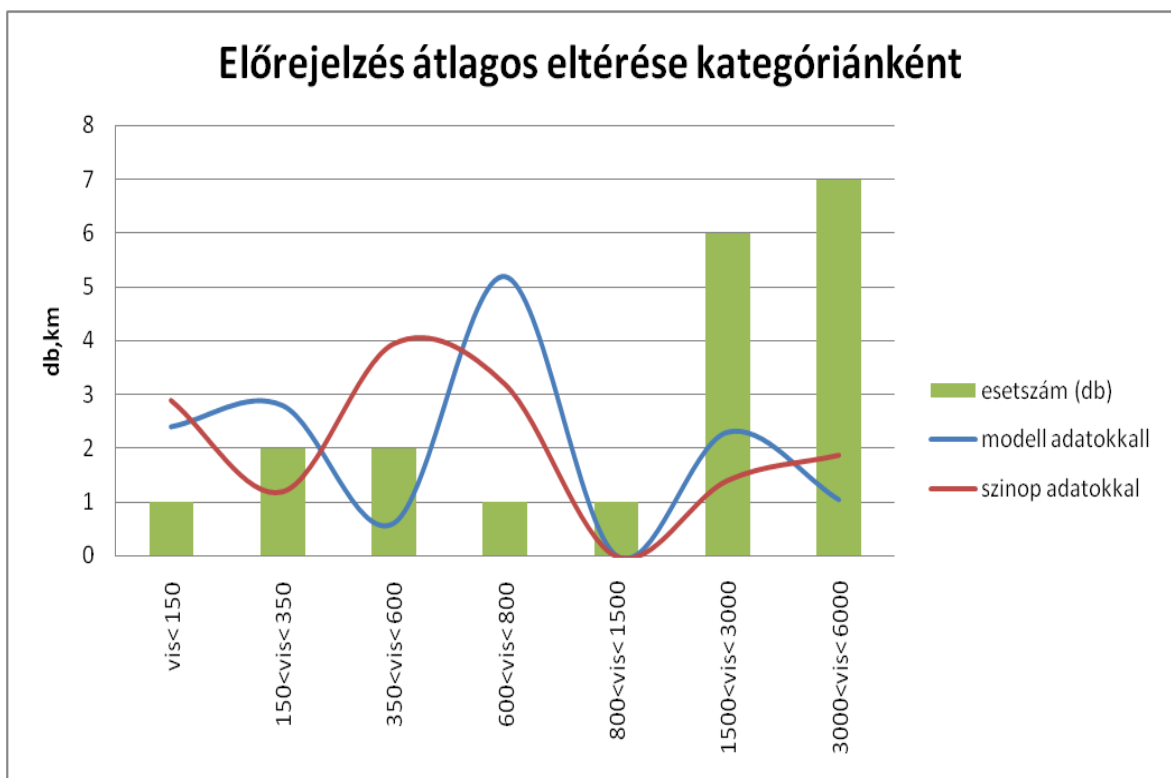


**25. ábra:** A látástávolság előrejelzések átlagos eltérése kategóriánként

Felmerült a kérdés hogy az általunk kipróbált módszerben milyen hibát okoznak az MM5 modelladatokból származó hibák. Ennek érdekében az előrejelzés időpontjára vonatkozó SYNOP (mért) adatokkal is lefutattuk a modellt 2009 novemberére, azt feltételeztük, hogy tökéletes előrejelzéssel dolgozunk.

Átlagosan 200 méterrel kisebb eltéréseket kaptunk a SYNOP adatokkal futtatott esetben. Azaz elmondható, hogy a tesztidőszakban az MM5 előrejelzések pontatlansága átlagosan 200 méterrel rontotta a módszerünket.

Ez látástávolság kategóriánként a 26. ábrán látható. Hasonlóan, mint az előbb, a zöld oszlopok az esetszámot jelölik. A kék görbe az MM5 modelladatokkal futtatott eset, a piros a mért adatokkal futtatott eset átlagos eltéréseit ábrázolja. Egy kategóriában (350 m < látástávolság < 600 m) fordul elő, hogy a SYNOP adattal futtatott esett számottevően rosszabb átlagos eltéréseket okoz. Ez itt is az adott kategória kevés esetszáma miatt fordulhat elő, reményeink szerint a későbbi nagyon esetszámmal elvégzett tesztelésekkel ez majd módosul.

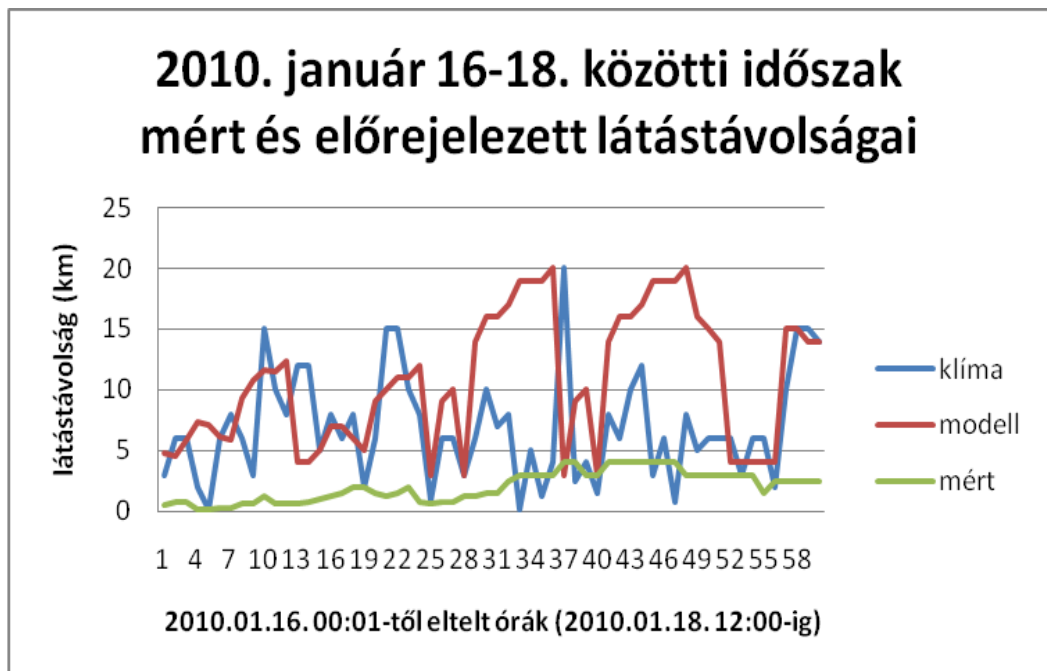


**26. ábra:** A látástávolság előrejelzés átlagos eltérése kategóriánként modell adatokkal és SYNOP adatokkal

#### 4.2.2. 2010. január 16-18.

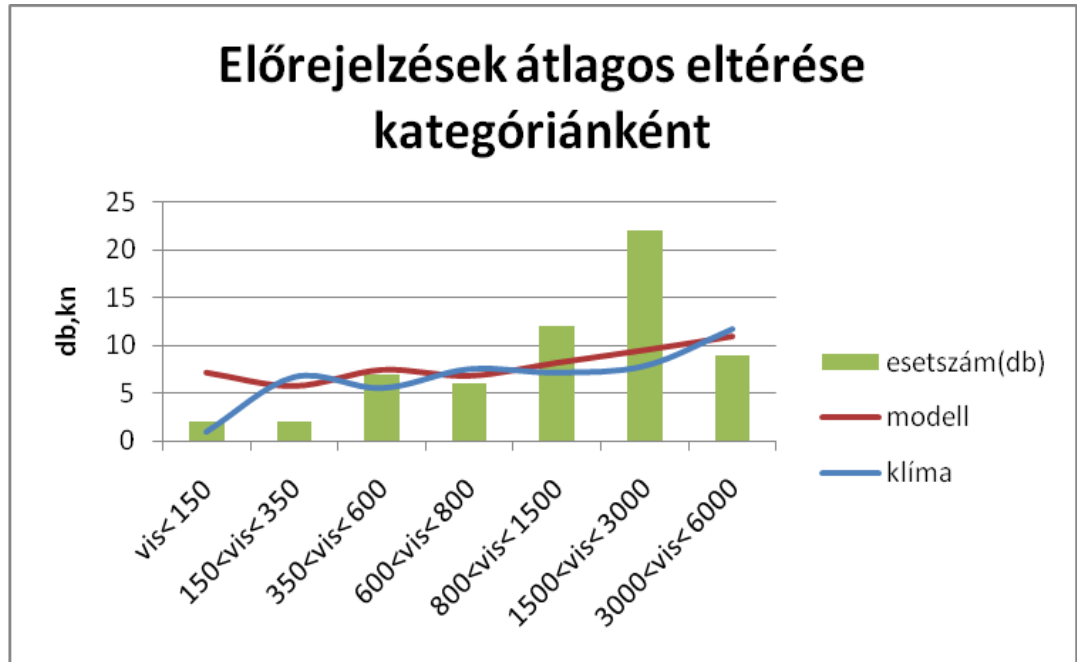
A másik tesztidőszakra rendelkezésünkre álltak az óránként mért valós látástávolság adatok, így ehhez képest vizsgáltam a módszereket. A jelzett időszakban a klíma-adatokon alapuló program és OMSZ-nál használt modell ennél az időszaknál is hasonló átlagos eltéréseket mutatott a valós látástávolságokhoz képest. (A Szolgálatnál használt modell esetén, 7,2 km, az általam kipróbáltam módszer esetén pedig 6,8 km-t kaptunk.) Ez jóval rosszabb eredmény, mint amit az előző esetben láttunk. Ennek az oka abban keresendő, hogy a most egy speciális időjárási helyzetet (hideg légpárna) elemzünk, és ezt mindkét módszer kevésbé sikeresen kezeli, mint egy olyan tesztidőszakot ahol vegyesen fordulnak elő más-más időjárási helyzetek.

A következő (27. ábrán) látható, hogy hogyan alakultak a mért látástávolságok és a két módszerrel előrejelzett értékek. A zöld görbe a mért, a piros az OMSZ modelljének, a kék pedig a klíma-adatokon alapuló módszerünk értékeit jelöli. Látható hogy mindkét módszer szinte minden esetben fölé becsülte a látástávolságot. Az időszak első napján a két módszer közel hasonlóan dolgozott. Ezután a Szolgálatnál használt módszer több esetben kiugróan nagy, jó látás értékeket adott, de a másik módszer esetén is előfordultak, bár kisebb számban ilyen tendenciák. Ekkor a mért látástávolságok esetén is tapasztalható javulás, de nem ilyen mértékű.



27. ábra: Mért és előrejelezett látástávolságok alakulása 2010. január 16-18 között a szolnoki repülőtéren

További részletesebb vizsgálatok során, itt is megnéztük, hogy az egyes látástávolság kategóriákban milyen átlagos eltérések mutatkoznak. A kategóriákat itt is az AMD TAF-ban megadott határok szerint készítettük. A 28. ábrán a zöld oszlopok az esetszámot jelölik.



**28. ábra:** A látástávolság előrejelzések átlagos eltérése kategóriánként a szolnoki repülőtérre 2010. január 16-18 között

Erről az ábráról is látszik, hogy a két módszer hasonló eredményességgel dolgozik. Egy kategóriában (látástávolság < 150 méter) látható csak nagyobb eltérés. Viszont itt volt a legkevesebb esetszám, így kevésbé számít reprezentatívnak.

#### 4.2.3. A tesztidőszakok tanulságai

A két tesztelés alapján arra a következtetésre jutottam, hogy az összehasonlított két módszer, a klímaadatokon alapuló módszerünk és a Szolgálat modellje, átlagosan hasonlóan sikeresen működik. Egy hosszabb változatos időszakban, ahol egyaránt előfordultak jó látási viszonyok és különböző köd helyzetek is, átlagosan jobb volt az eredményessége mind a két módszernek, mint egy speciális, folyamatosan rossz látástávolságokat tartalmazó rövid időszak alatt. Általánosságban elmondható, hogy köd, azaz 1 km alatti látás esetén legtöbbször az Országos Meteorológiai Szolgálatnál futó modell adott jobb eredményt, azaz dolgozott kisebb átlagos eltérésekkel. Viszont ennél jobb látás, de még párásság esetén, a klíma-adatokon alapuló módszer tűnt sikeresebbnek. A statisztikai klimatológiai modell azokra a szituációkra, amelyekből a

15 éves adatsor relatíve keveset tartalmaz (pl. köd-advekción, advekción köd) természetesen nem ad jó eredményt. Az általunk fejlesztett lokális statisztikai módszer várhatóan a legjobb teljesítményt a radiációs ködnél fogja adni (ebből a helyzetből van a legtöbb a 15 éves mintában). Ezek alapján, arra a következtetésre jutottunk, hogy jó esély van pusztán a klíma-adatok alapján egy jól használható látástávolság előrejelző módszer alkalmazására a szolnoki repülőtéren (persze nem önmagában és még további tesztek szükségesek az operatív alkalmazáshoz).



## **5. ESETTANULMÁNYOK**

A következőkben két olyan esetet fogunk bemutatni, amelyekben ködhöz kapcsolódó időjárási helyzetet elemzünk.

Az első egy erős inverziós helyzethez kapcsolódik, ami több napig tartó, az egész országra kiterjedő ködös időszak volt. Ezt a 2009. novemberi tesztidőszakunkból választottuk, hogy részletesen elemezzni tudjuk az általunk kidolgozott módszert.

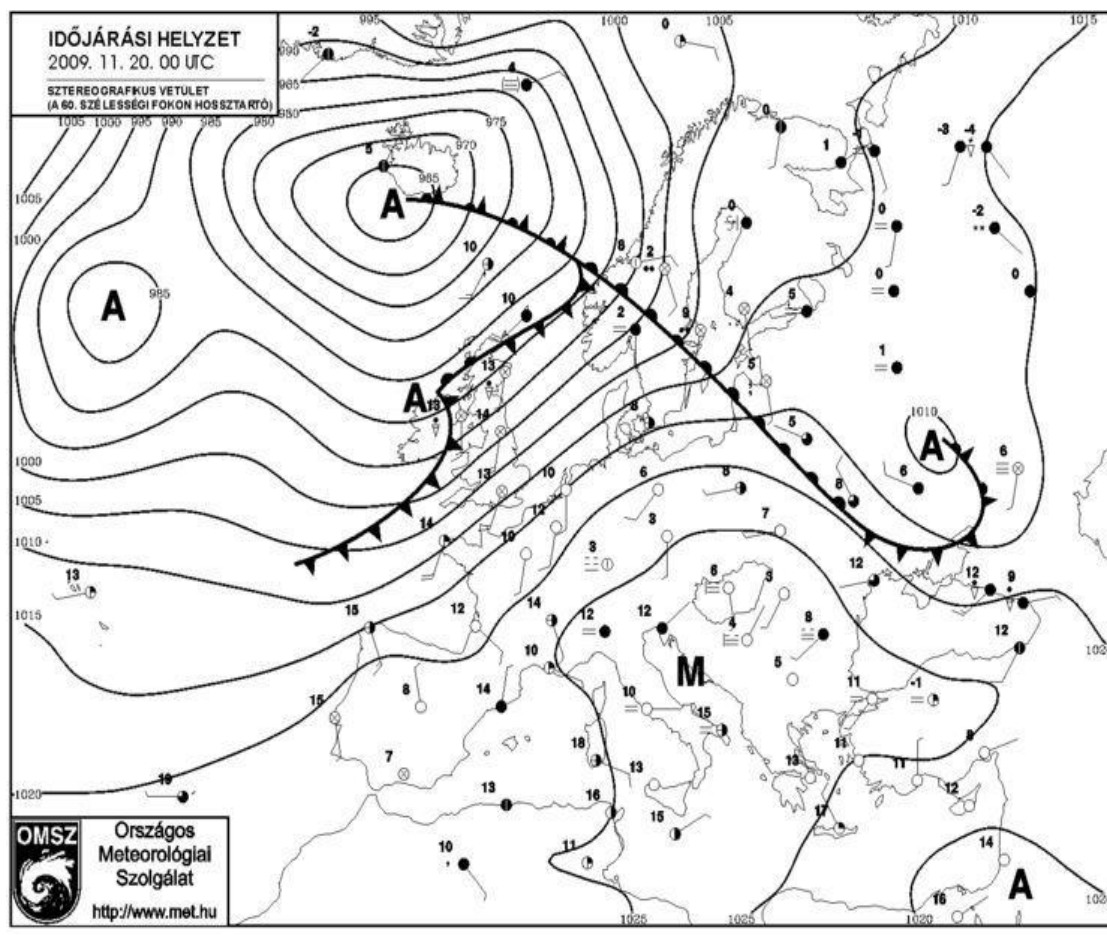
Egy másik esetet is választottunk, amely példa az advekción köd kialakulására Szolnokon. Ez esetben a köd mindössze néhány órás időszakra és lokálisan volt jellemző. Ilyen esetek rendszeresen előfordulnak a téli félévben az ország keleti részén. Nagyon veszélyesek, mert hirtelen látástávolság romlást okoznak, sokszor váratlanul, és ezek a repülési műveleteket nagyon veszélyeztethetik.

A produktumok, amelyeket felhasználtunk az esettanulmányokhoz, a következők: az Országos Meteorológiai Szolgálat által kiadott frontanalízis térképek és napi jelentések, az NCEP reanalízis mezői közül a 850 hPa-os geopotenciál szint hőmérséklete és az 500 hPa-os geopotenciál szint magassága valamint a tengerszinti légnyomás, továbbá a Wyoming Egyetem által publikált rádiószonda adatok Budapestre, ezen felül a Terra/MODIS és az Aqua/MODIS, az MSG IR és az MSG-2 éjjeli köd RGB kompozit műholdképek.

### ***5.1. Erős inverziós helyzet a Kárpát-medencében (2009. november 20-22.)***

Ezt az esettanulmányunkat az előzőekben bemutatott program tesztidőszakából vettem. Egy három napos időszakot választottunk 2009 novemberében, amit érdekesnek találtunk arra, hogy részletesebben is megvizsgáljunk, mert folyamatosan gyenge látást, ködöt észleltek. A bevezetésben említett balesetek is ebben a ködös időszakban történtek.

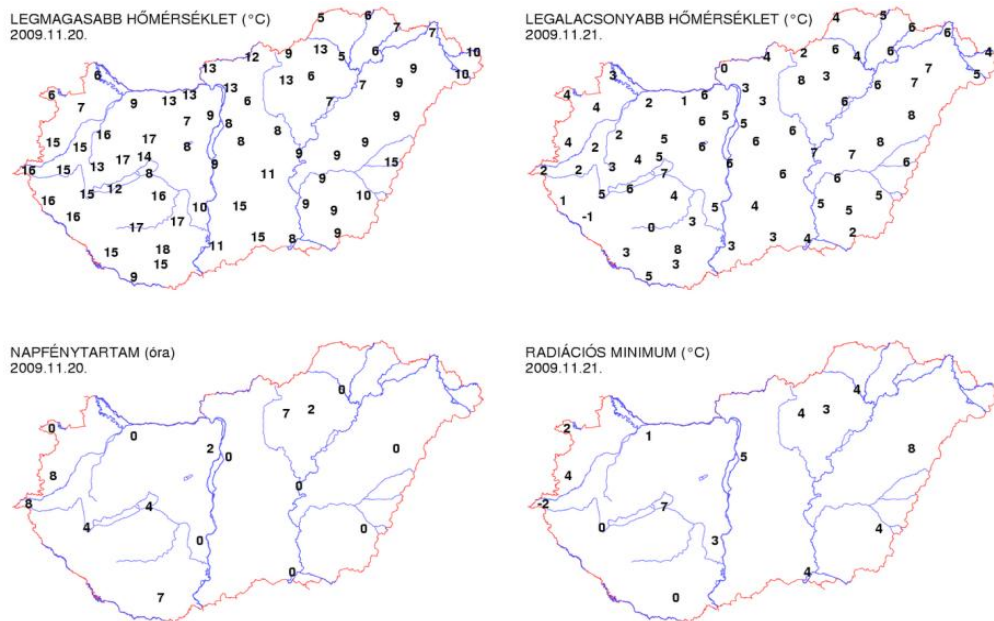
Az időszak elején Európa időjárását alakító légköri képződmények a 29. ábrán láthatóak. Észak-Európa időjárását ciklonok és légköri frontok határozták meg. A Földközi-tenger medencéjében ugyanakkor egy magasnyomású képződmény helyezkedett el, amely a Kárpát-medence időjárását is meghatározta.



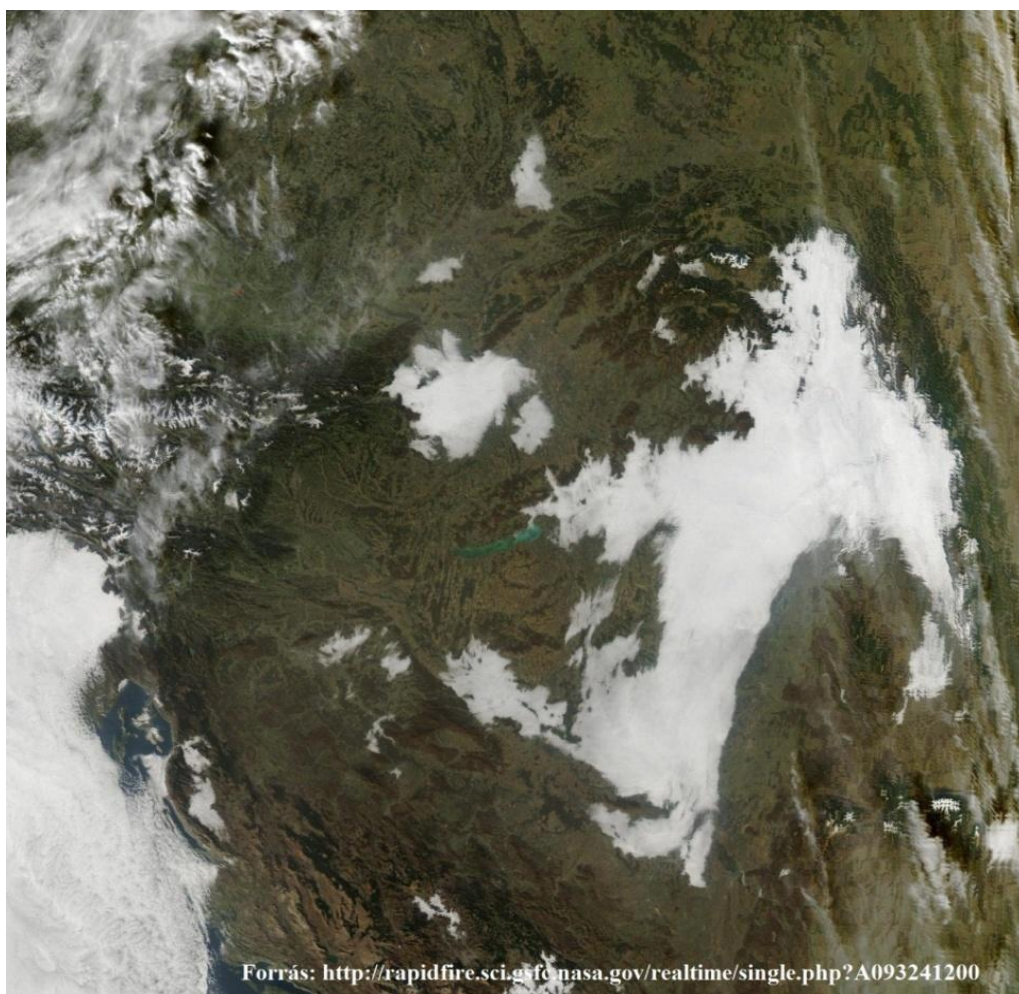
**29. ábra:** Országos Meteorológiai Szolgálat által 2009. november 20-án kiadott frontanalízis térkép

Az anticiklon területén enyhe levegő helyezkedett el, a talajközeli rétegekben gyenge volt a légáramlás. November végén ilyen feltételek kedvezőnek a gyenge látás, a köd kialakuláshoz.

A 2009. 11. 20.-ra vonatkozó napi jelentést (30. ábra) és az aznapi műholdképet (Aqua műhold MODIS érzékelőjével készült kép a 31. ábrán) tekintve megállapíthatjuk, hogy ekkor már a keleti országrészben ködfoltok helyezkedtek el. A napi jelentés alapján, a nyugati országrészben több órát sütött a nap, keleten ugyanakkor az Északi-középhegységet kivéve mindenütt teljesen borult volt az ég.

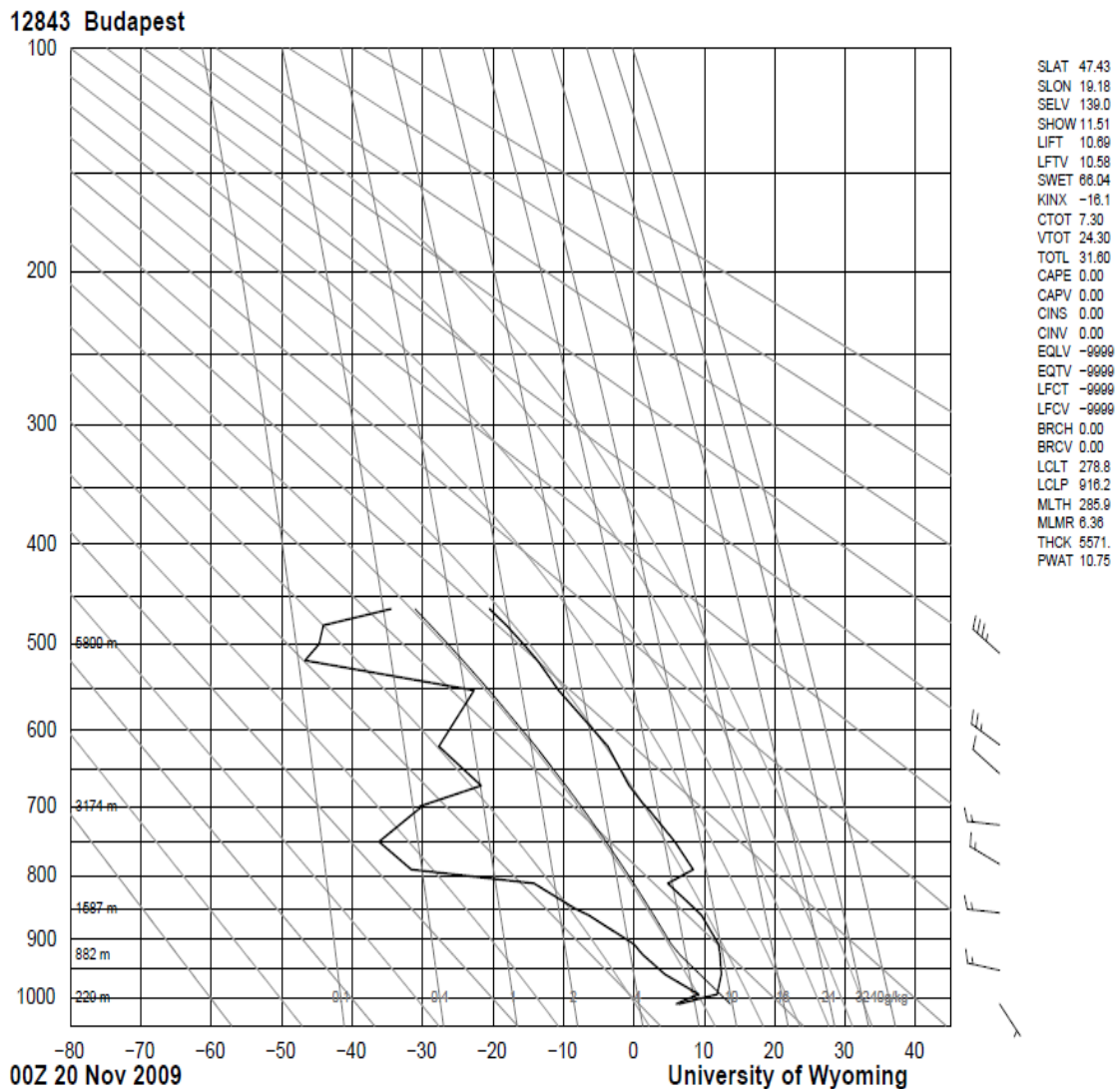


**30. ábra:** 2009. november 21-án kiadott OMSZ időjárás napi jelentés részlete



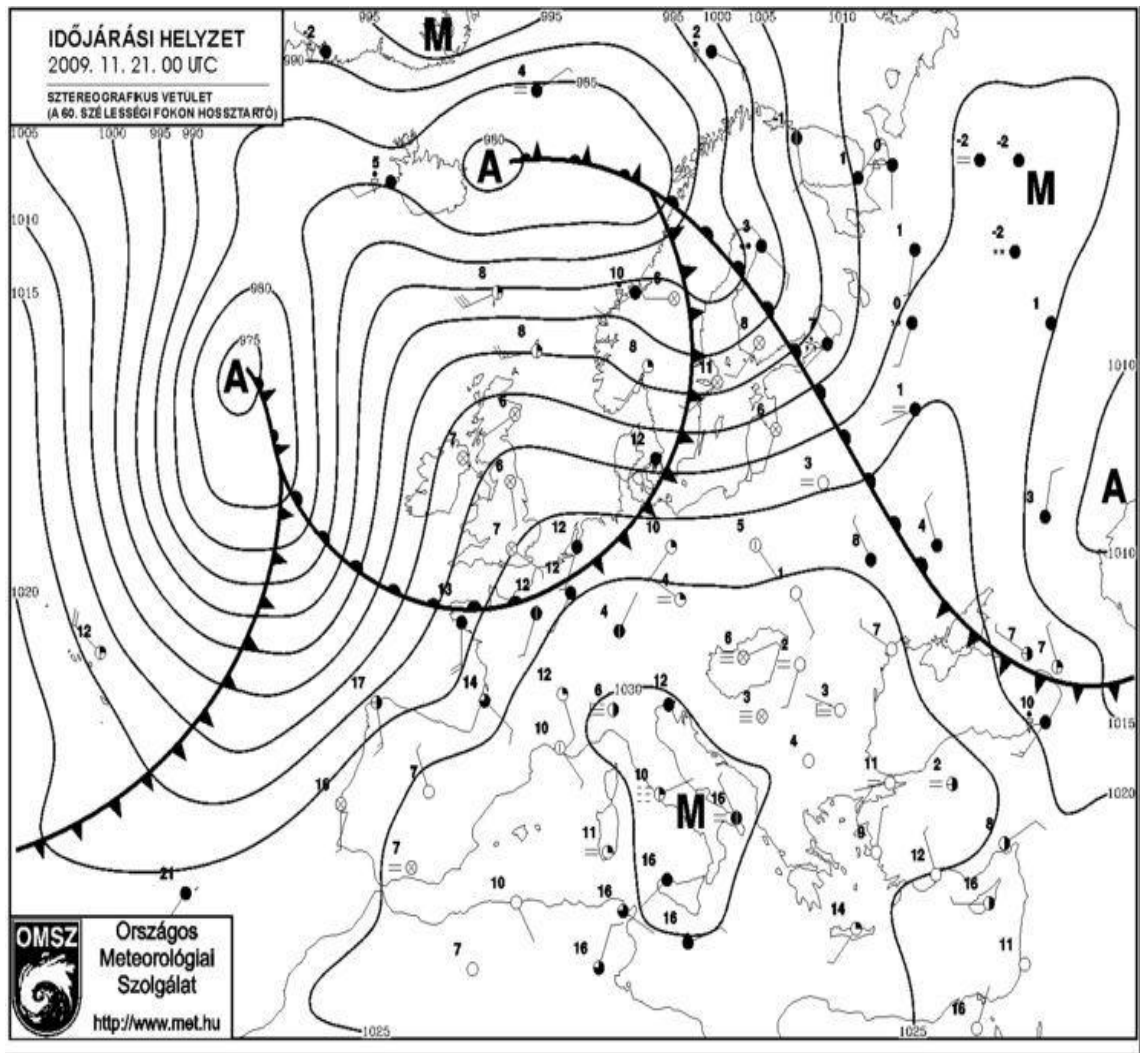
**31. ábra:** Aqua/MODIS műholdkép, 2009. 11. 20. 12:00 UTC

A budapesti 2009. 11. 20. 00 UTC-s rádiószondás felszállás adatait megnézve látható, hogy ekkor a légkör alsó 200 métere telítéshez közeli állapotban volt, illetve inverziót is megfigyelhetünk. Ezt reprezentálja a 32. ábra.



**32. ábra:** A légkör vertikális profilja a budapesti rádiószondás felszállás alapján (2009. 11. 20. 00:00 UTC)

A következő napon az anticiklon keletebbre helyeződött át, és tovább emelkedett a légnyomás, a Kárpát-medencében továbbra gyenge légmozgás volt a jellemző (33. ábra)



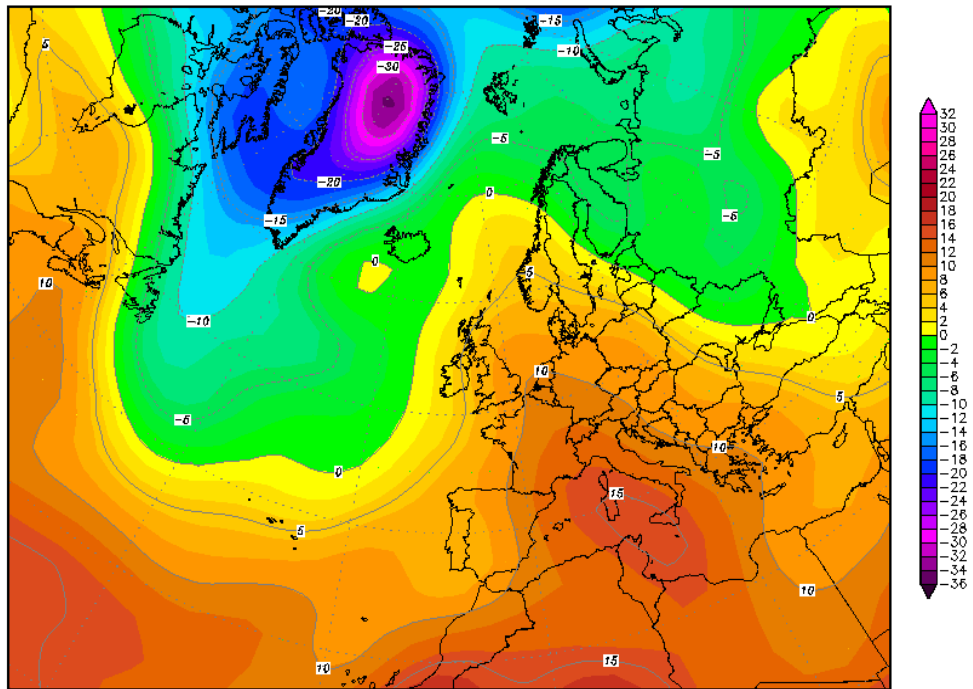
**33. ábra:** Országos Meteorológiai Szolgálat által 2009. november 21-én kiadott frontanalízis térkép

Ezzel egy időben, a magasban D-i, DNy-i irányból erőteljes meleg advekción zajlott. Ez látható a 34-35. ábrán: november 21-én a 850 hPa-os szint hőmérséklete 7-8 °C fok körül alakult, november 22-re már 12-13 °C-ra emelkedett, ami egy novemberi napon igen magasnak mondható. A talajon mindeközben csupán 5-6 °C-ot mértek. Ekkor már az egész Kárpát-medencét köd és stratus felhőzet töltötte ki.



20NOV2009 00Z

### 850 hPa Temperatur (Grad C)

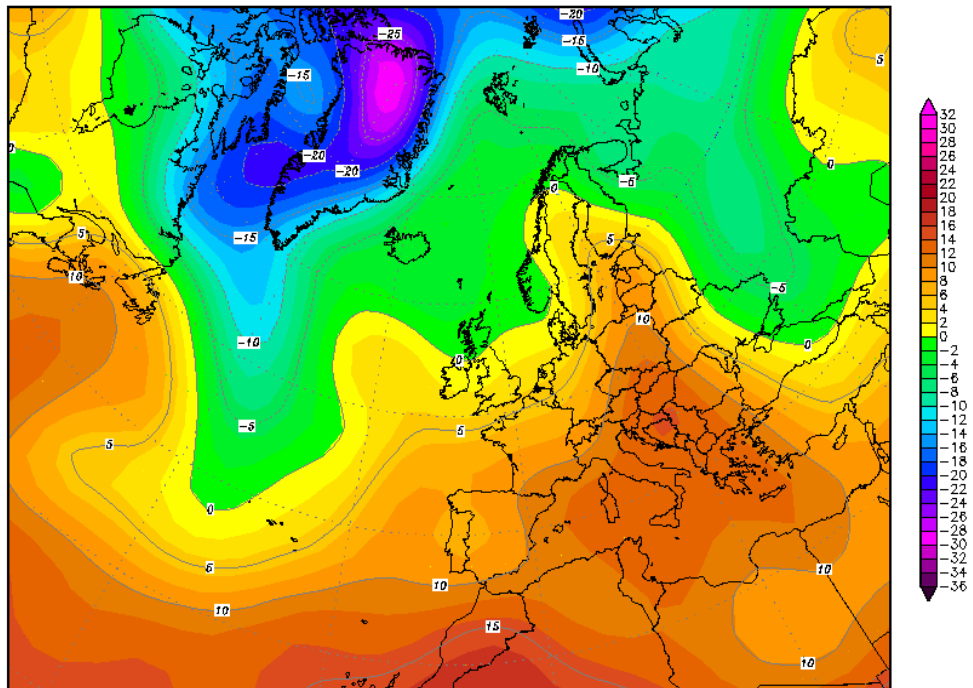


Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
www.wetterzentrale.de

34. ábra: NCEP reanalízis mező a 850 hPa-os szint hőmérsékletére

21NOV2009 00Z

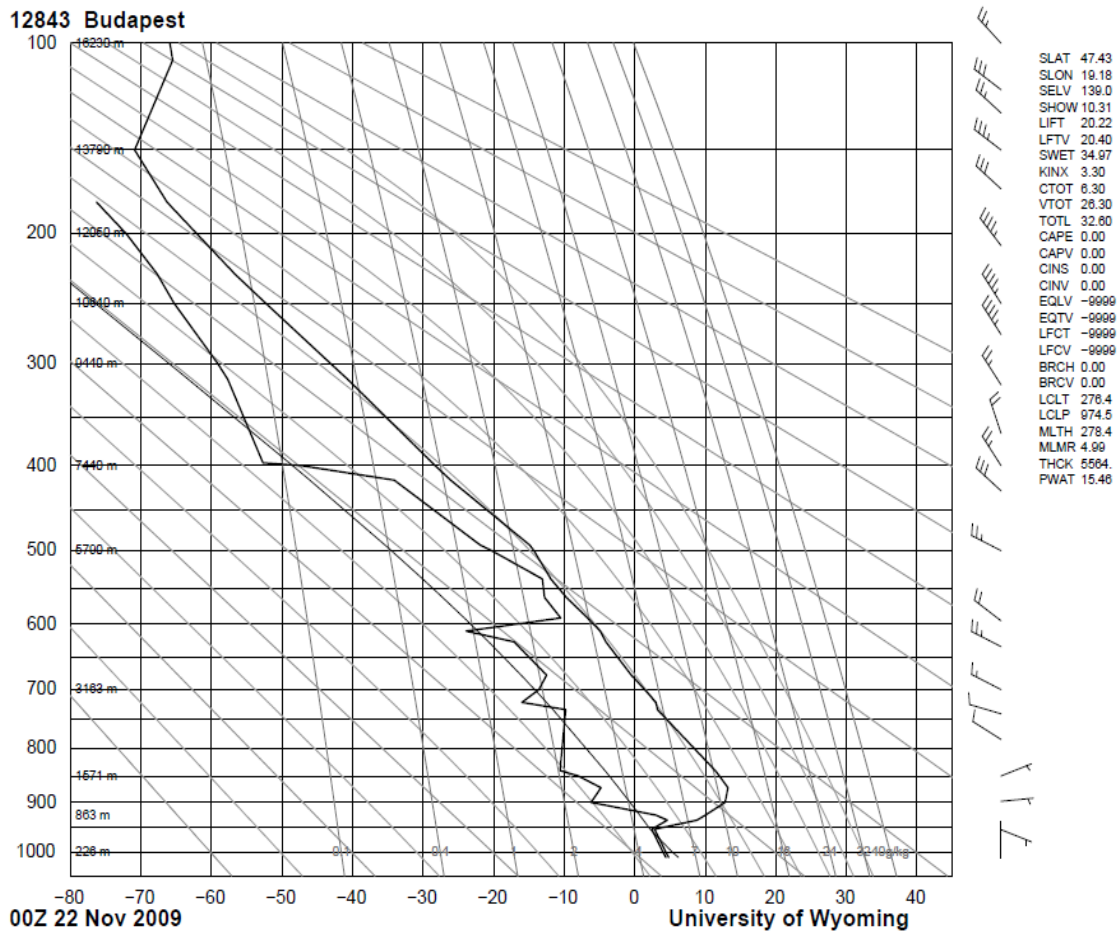
### 850 hPa Temperatur (Grad C)



Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
www.wetterzentrale.de

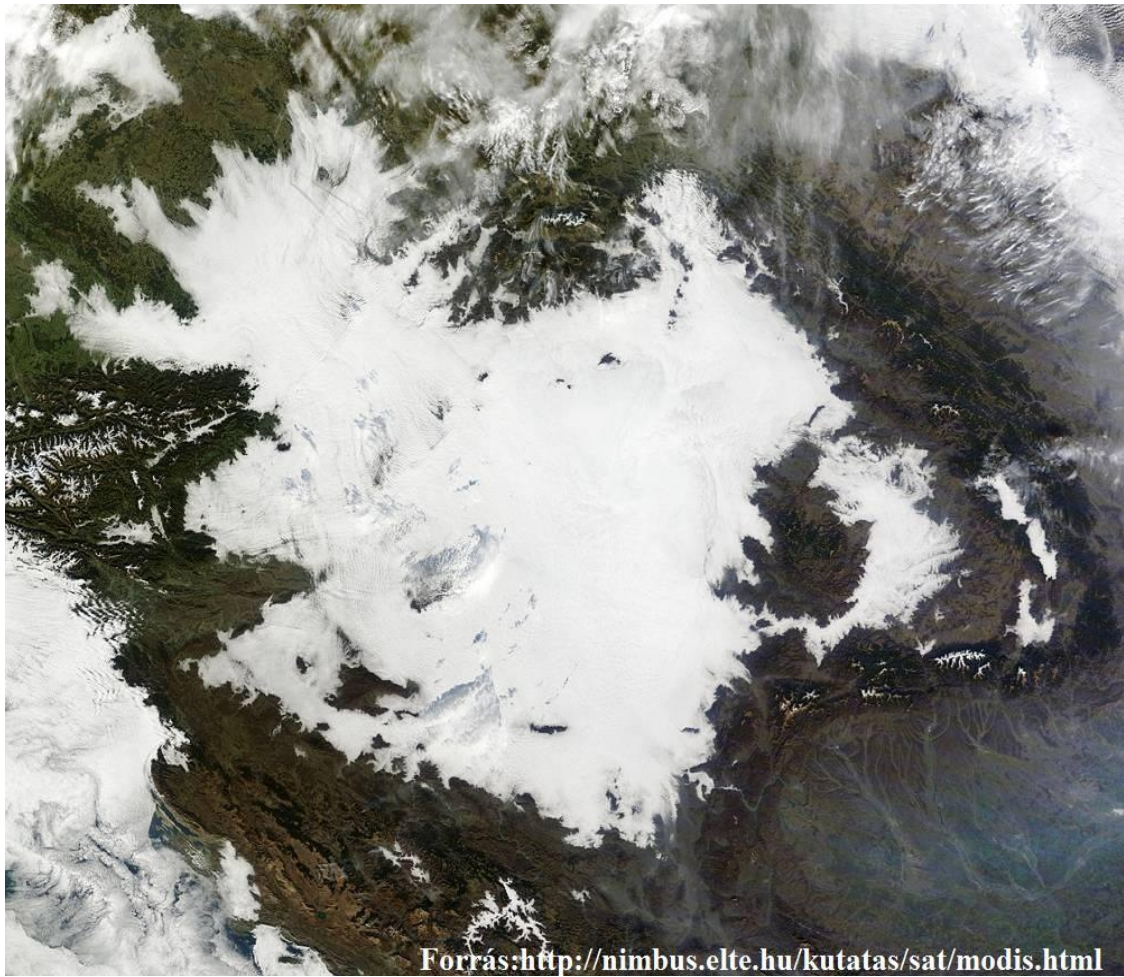
35. ábra: NCEP reanalízis mező a 850 hPa-os szint hőmérsékletére

A meleg advekciónak hatására az inverzió tovább erősödött. A 36. ábrán a légkör vertikális profilja látható a 2009. 11. 22. 00:00 UTC-s budapesti rádiószondás felszállás alapján. Már a troposféra legalsó 800 métere telítés közeli állapotban volt. Felette a már említett megerősödött inverziós réteg látható.

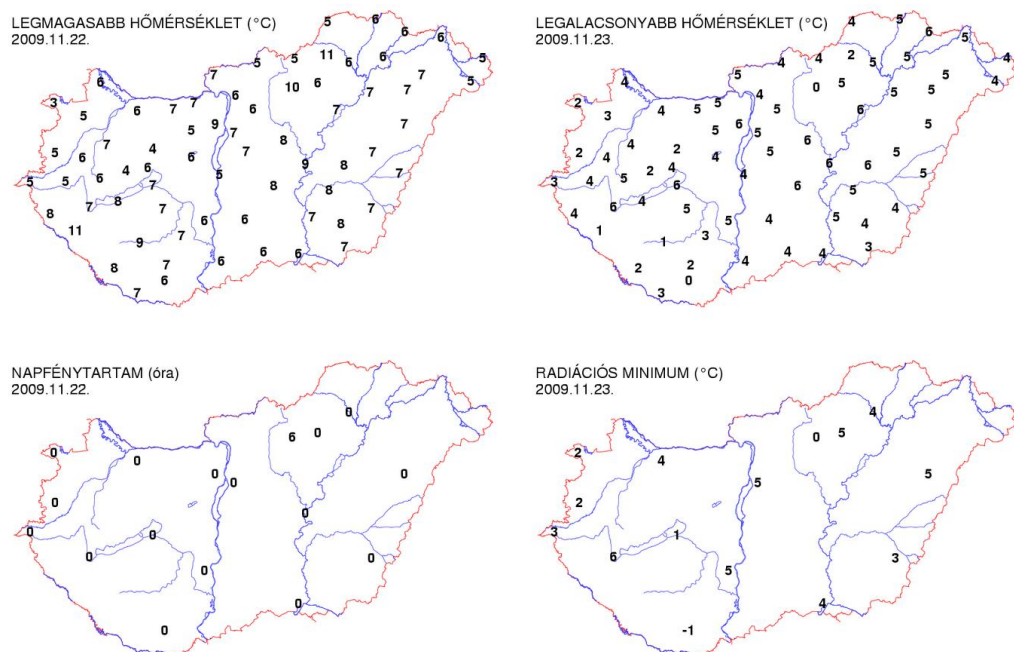


**36. ábra:** A légkör vertikális profilja a budapesti rádiószondás felszállás alapján (2009. 11. 22. 00:00 UTC)

November 22-én ciklon előoldali helyzetbe került a Kárpát-medence. Az előző naphoz hasonlóan köd/stratus felhőzet borította az egész országot. Ez jól látható a Terra, 2009. 11. 22. 09:55 UTC-s felvételén (37. ábra). Csak a magasabban fekvő hegycsúcsok látszottak ki, például az Északi-középhegységben. Ezt igazolja a november 22-re vonatkozó OMSZ napi jelentés napfénytartam része is – csak a stratus felhő fölé emelkedő helyeken, például Kékestetőn sütött ki a nap (38. ábra).



**37. ábra:** Terra/MODIS műholdkép a Kárpát-medence térségére, 2009.11.22. 09:55 UTC



**38. ábra:** A november 23-án kiadott OMSZ napi jelentés részlete



Az érkező ciklon hidegfrontja következtében megerősödött a szél, amely a ködöt és a St felhőzetet feloszlatta, illetve az inverziót megszüntette. Szolnok-repülőtér állomás 8 UTC-s látástávolság adatai álltak rendelkezésemre ebben az időszakban (1. táblázat).

Dátum	km (8 UTC)
2009.11.19.	10
2009.11.20.	0,1
2009.11.21.	0,2
2009.11.22.	0,5
2009.11.23	2

**1. táblázat:** Szolnok-repülőtér állomás 8 UTC-s látástávolság adatai, 2009. 11. 19-23.

Az ismertett szinoptikus helyzetnek megfelelően mind a három nap ködöt észleltek reggel. A következőkben részletesen bemutatjuk, hogyan dolgozott az általunk kifejlesztett, illetve az OMSZ-ban használatban lévő modell látástávolság becslő modell.

2009. 11. 19.-én 8 UTC-kor még 10 km volt a látás, mondhatni jó látási viszonyok uralkodtak. Az első napra, amikor kialakult köd, mindkét modell párásságot adott. A jobb eredményt az OMSZ modellje szolgáltatta. 2009. 11. 20.-án szintén az OMSZ-ban modell működött sikerebben, a saját módszerem megint csak párásságot jelzett előre. 2009. 11. 21.-én a szolgálatnál használt módszer sikeresen, ködöt jelzett előre. Ekkor a saját módszerem is jól dolgozott, mindkét előrejelzés kiváló volt (2. táblázat).

Dátum	km (8 UTC)	km (OMSZ modell)	km (klíma adatokon alapuló modell)
2009.11.20.	0,1	1,1	2,5
2009.11.21.	0,2	1	3
2009.11.22.	0,5	1	0,8

**2. táblázat:** Az OMSZ-nál alkalmazott és az általunk kifejlesztett statisztikai látástávolság becslő modell összehasonlítása a megfigyelésekkel, 2009 11. 20-22, szolnoki repülőtér

Ezen időszak alapján is arra a következtetésre jutottunk, hogy a módszerek pontosításán még sokat kell dolgozni, az ilyen helyzetekben a szinoptikus tapasztalata nélkülözhetetlennek tűnik.

## 5.2. Köd advekción helyzet Szolnokon (2008. december 9.)

Esetenként számolni kell a már máshol kialakult köd áthelyeződésével is. A Kárpát-medencében vannak olyan területek, ahol a feltételek különösen kedvezőek a köd kialakulásához és fennmaradásához. Ilyenek a medence keleti és déli vidékei, főként a Tiszántúl. Kora ősztől kora tavaszig többször előfordul, hogy az ország délkeleti vidékén keletkezett köd a légnyomási gradiens megnövekedésének hatására hajlamos elmozdulni a mezoléptékű nyomási képződmények áramlási mezejét követve, északnyugati irányba haladni, egyes helyeken 10-20 perc alatt 200-400 m alá rontva a látástávolságot (*Sándor és Wantuch, 2005*).

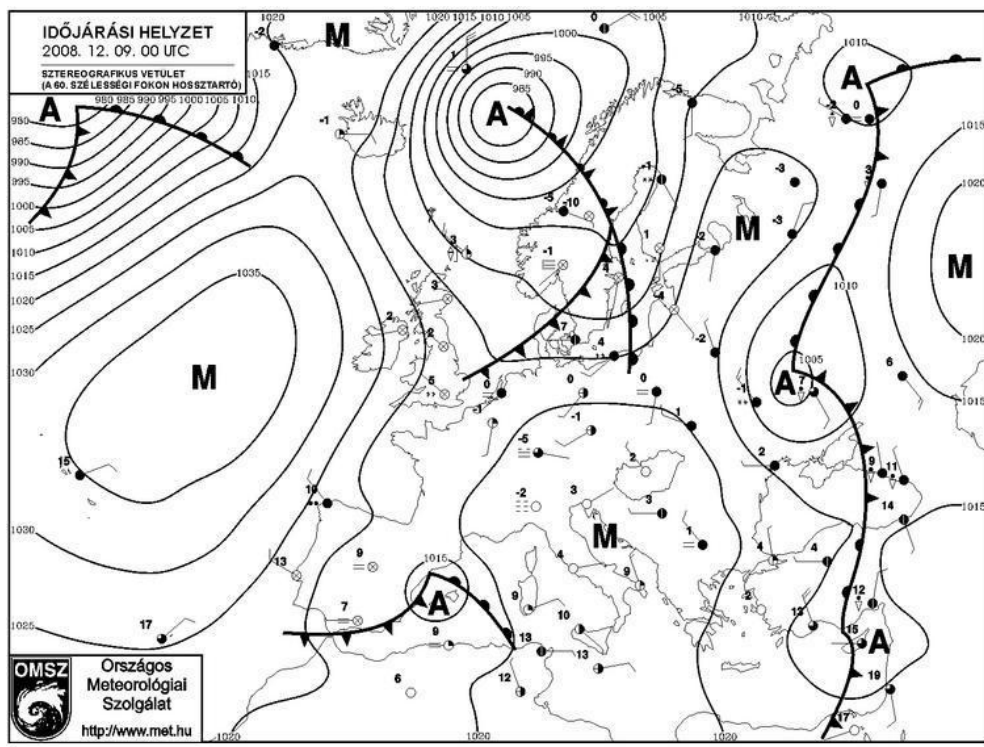
Ahogy már a ködklimatológiai elemzéseknél a 8. ábra segítségével bemutattuk, Szolnokra általában a köd – az elemzések és tapasztalatok szerint – D-i és DK-i és K-i irányokból szokott advektálódni. Az esetet már Tuba Zoltán feldolgozta egyszer a 2009-es Repüléstudományi Konferenciára (*Tuba, 2009*).

2008. december 9.-én Európa időjárását nyugaton anticiklon, a Földközi-tenger nyugati medencéjében egy sekély mediterrán ciklon, északon ciklonok és hozzájuk tartozó frontrendszerek határozták meg. Közép-Európa és a Földközi-tenger medencéjének, így Magyarország időjárását is egy anticiklon alakította (*39. ábra*).

Fontos megjegyezni, hogy két nappal korábban egy fejlődő ciklon (amely december 9.-én már a Fekete-tengertől É-ra helyezkedik el) csapadékrendszere DNY-ÉK irányban keresztezte a Kárpát-medence keleti felét, majd ciklon hátoldali helyzetbe kerültünk, amíg az anticiklon nem húzódott fölénk. Ezen időjárási eseményeknek még a december 9-ére is volt hatásuk.

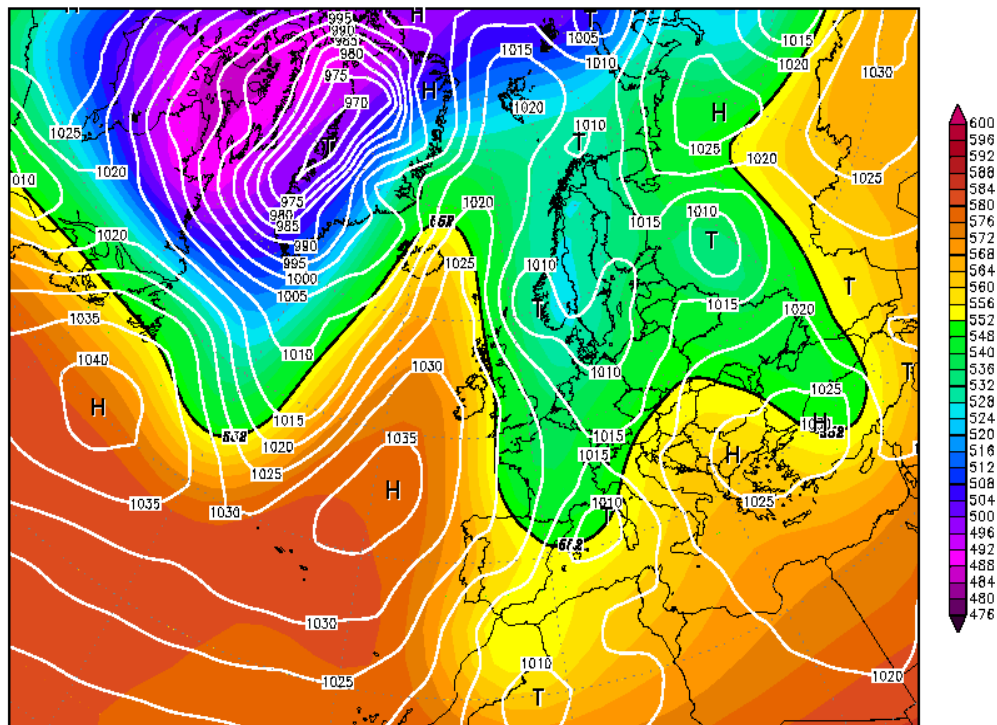
A korábbi csapadéknak köszönhetően a még nedves felszín, pára utánpótlást biztosított az alsóbb légrétegeknek. Az anticiklon felhőoszlató légmozgásai miatt sok helyütt volt felhőtlen az égbolt, ami szabad teret engedett a kisugárzásnak. A folyamatosan csökkenő nyomási gradiens miatt gyengülő szél elősegítette a kisugárzási inverzió létrejöttét (*Tuba, 2009*).

Ezek a feltételek elősegítették a radiációs köd kialakulását az ország keleti felében 2008. december 9-én hajnalra. Ez a köd a szolnoki repülőtér területén nem hízott túlságosan vastagra, így napkelte után az anticiklonnak köszönhetően a zavartalan napsütés hatására gyorsan feloszlott és a hőmérséklet is gyorsan emelkedett.



39. ábra: Országos Meteorológiai Szolgálat által 2008. december 9-én kiadott frontanalízis térkép

10DEC2008 00Z  
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)

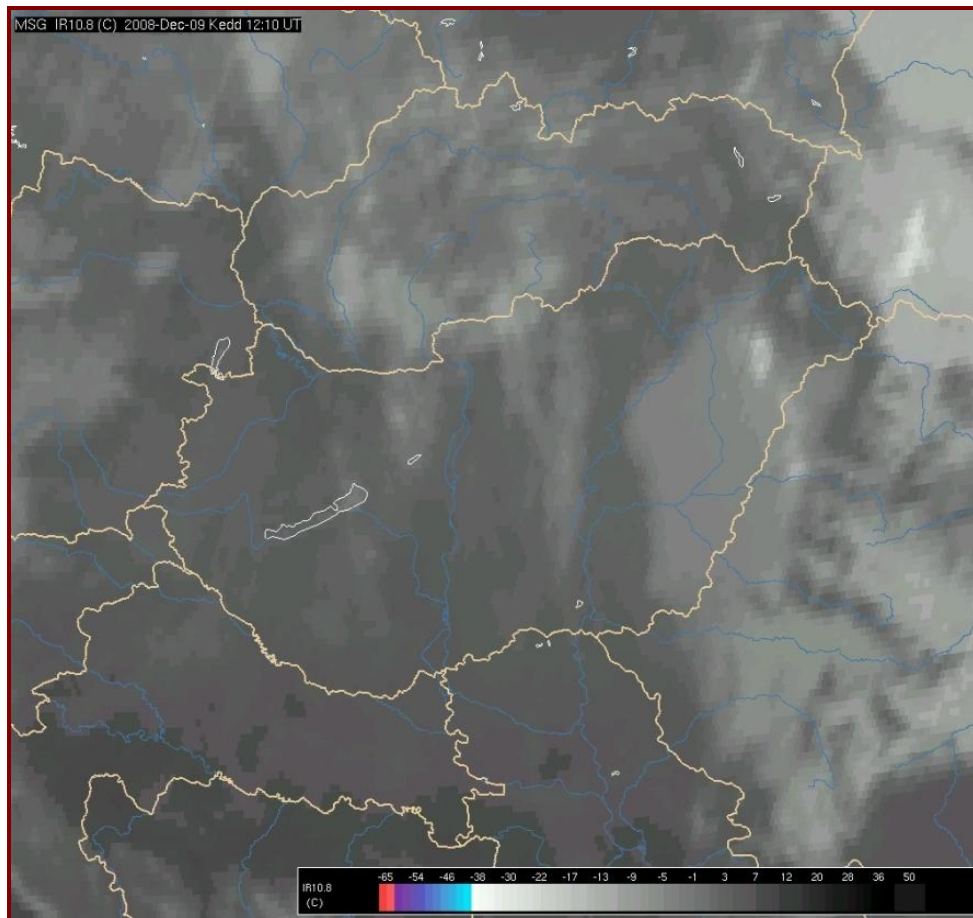


Daten: Reanalysis des NCEP  
(C) Wetterzentrale  
www.wetterzentrale.de

40. ábra: NCEP reanalízis mező az 500 hPa-os geopotenciál magasságra (gpm) és a tengerszinti légnyomásra

Ez alatt az anticiklon középpontja hazánktól délkeletre helyeződött át, ami a térségünk felé közeledő nyomási teknő előoldali áramlási mezejével együttesen a szél déliesre történő fordulását eredményezte (40. ábra) (Tuba, 2009).

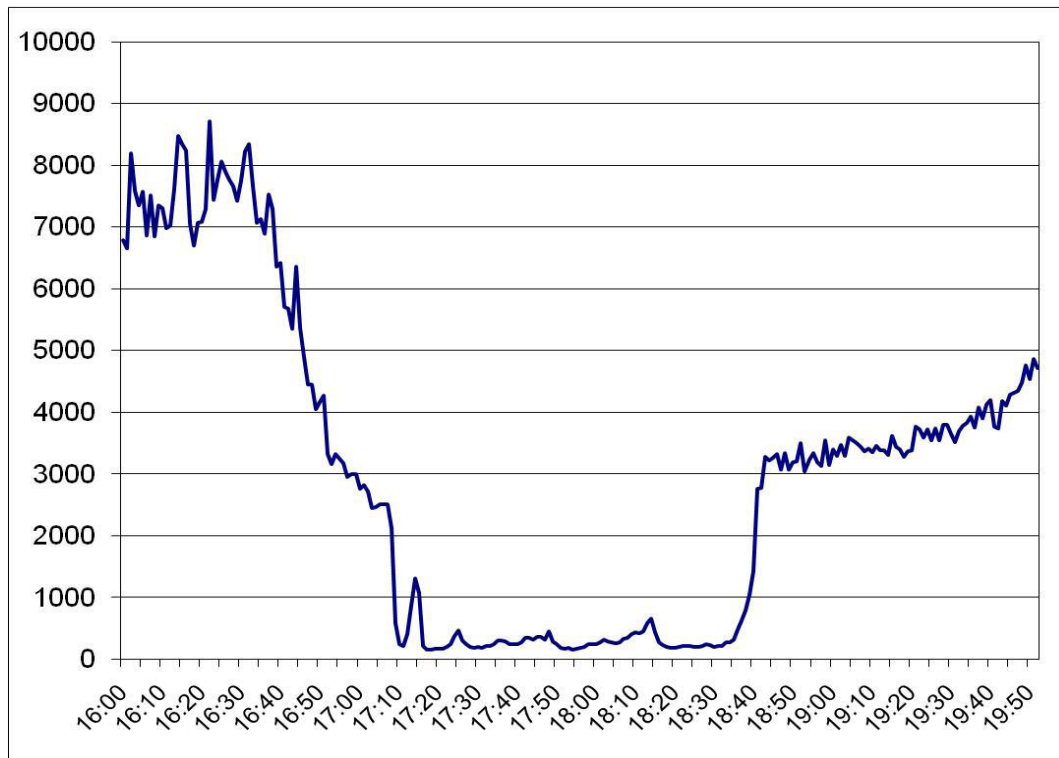
A Tiszántúlon és az Erdélyi-medencében nappal is megmaradó, mintegy 20 000 km<sup>2</sup>-es ködös terület jól látszik a 2008. 12. 09-én, 12.10 UTC-kor készült IR10.8-as műholdképen (41. ábra) (Bottyán, 2010). Ennek oka a korábban vázolt indokok szerint a tartós, alaposan megvastagodott kisugárzási köd kialakulása, ami a nap folyamán tartósan fennmaradt, és területe növekedett is.



**41. ábra:** MSG IR10.8 műholdkép, 2008. 12. 09 12.10 UTC OMSZ, Hawk megjelenítő rendszer (Bottyán, 2010)

Az MM5 legfrissebb futtatásai a köd délelőtti megszűnését jelezték előre, ami azonban a rendelkezésre álló aktuális adatok és a tapasztalatok alapján nem tűnt valószínűnek. A numerikus prognózisok adatai ellenére az addig déli, délnyugati szél délkeletre fordult és nem történt meg a Tiszántúl nagy részén a köd feloszlása (Tuba, 2009).

A szolnoki repülőtér kifutópályájának északi felén mért látástávolságokat 42. ábra mutatja be.



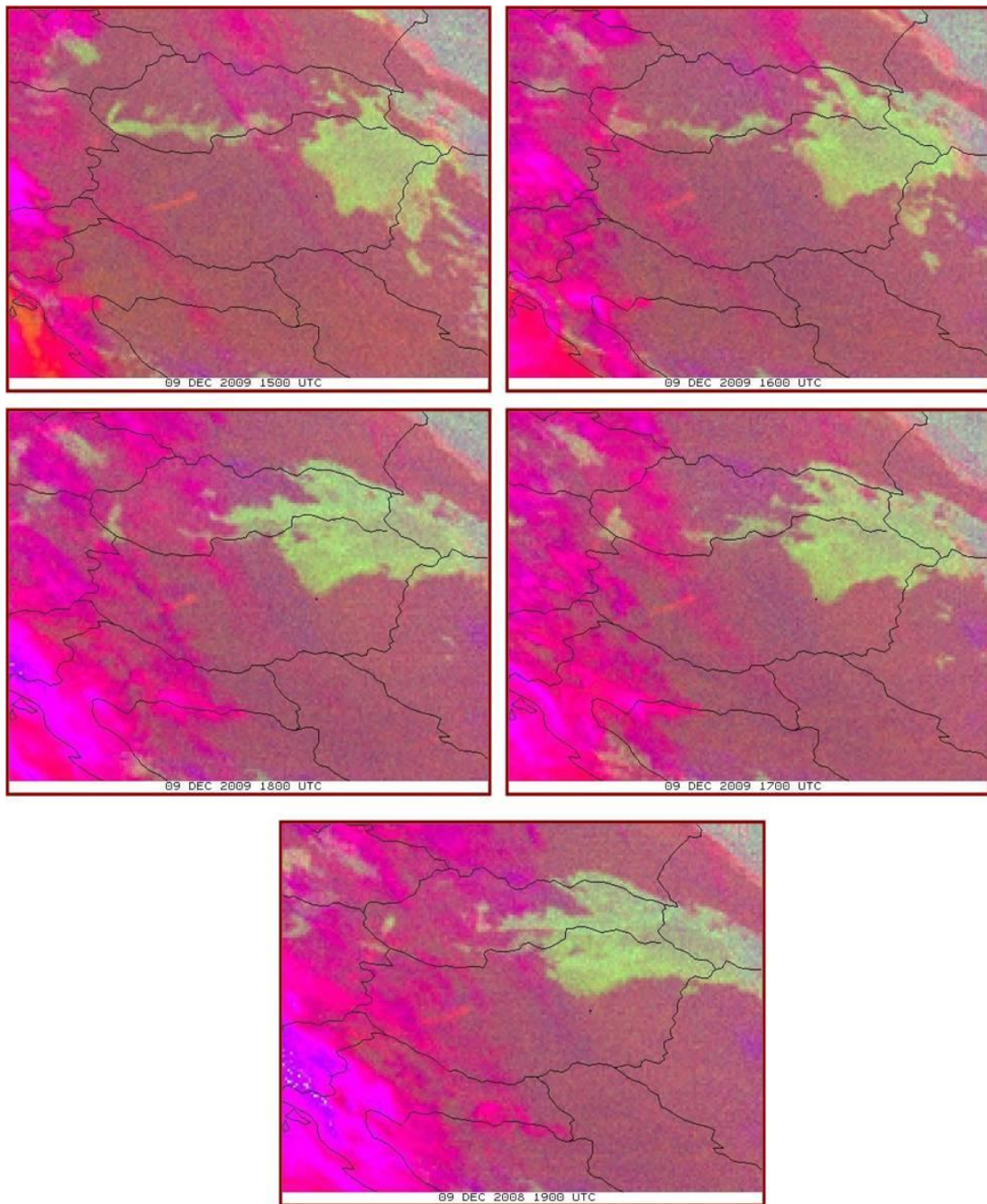
**42. ábra:** A látástávolság mérő által rögzített adatok a szolnoki repülőtéren 2008. 12. 09. 16.-20. UTC (Tuba, 2009)

A köd közvetlen megérkezése előtt mintegy 20-30 perccel a látástávolság romlani kezdett, majd 17:10 UTC körül a diagram alapján hirtelen nagyot romlott a látás, ami egészen 18:40 UTC-ig fennmaradt. Ezt követően a látástávolság ugyanolyan hirtelen javult meg, mint ahogyan leromlott.

Az MSG-2 műhold RGB éjjeli köd/stratus kompozit képein nagyon jól láthatóak a Kárpát-medence ÉK-i területén kialakult alacsony stratusos/ködös területek. A 43. folyamatábrán jól megfigyelhető, hogy hogyan mozog a ködzóna a 15.00 UTC - 19.00 UTC közötti időszakban, és éri el DK-ről majd hagyja el ÉNy-i irányban Szolnokot (kis fekete pont jelzi) (Bottyán, 2010).

Ezek az éjszakai köd és az alacsony szintű felhőzet detektálására szolgáló RGB kompozit képek a második generációs Meteosat műholdak infravörös tartományán alapulnak. Az éjszakai köd RGB kompozit képek a SEVIRI IR3.9, IR10.8 és IR12.0 csatornák kombinálásával állíthatók elő. Látjuk, hogy milyen jól használhatók a szinoptikus analízisben





**43. ábra:** MSG-2 éjszakai köd RGB kompozit képek 2008. 12. 09. 15. 00-19.00 UTC (<http://www.eumetsat.org/IPPS/html/MSG/RGB/>) (Bottyán, 2010)

Sajnos a szolnoki meteorológiai állomás körülbelül 80 km-es körzetében mindössze egyetlen synop állomás, a kecskeméti repülőtér katonai állomása található. Ez az állomássűrűség csak korlátozottan alkalmas az adott területen lejátszódó mezoléptékű folyamatok detektálására és nyomon követésére, amilyen például a ködadvekción is.

Ez nagyon megnehezíti a köd előrejelzését, mert pusztán a szél sebességéből nem tudunk következtetni a köd tényleges mozgási sebességére, így aktuális helyzetére sem.

Ezek alapján, amire az előrejelző számíthat, az a már bemutatott műholdas produktumok, illetve a klímaállomások plusz adatai lehetnek a segítségére, és persze ennél a köd fajtánál is nagyon fontos a szakember tapasztalata.

A módszerünket ennél az esetnél is kipróbáltuk. Sajnos erre az időszakra nem álltak rendelkezésünkre MM5 modelladatokkal, így a rosszabb felbontású, GFS<sup>16</sup> modell adatokkal kellett dolgoznunk, amelyek hozzáférhetőek mindenki számára az interneten.

A GFS egy globális numerikus időjárás előrejelző modell, melyet az amerikai NOAA futtat. A modell két részben fut: az első részben nagyobb felbontással fut egészen +180 óráig, a második fázisban +180 és +384 óra között kisebb felbontással. A vízszintes felbontás a Föld különböző régióin 35 és 70 km között változik. A modell 3 óránként szolgáltat adatokat.

Az általunk fejlesztett látástávolság becslő program futtatható ezzel vagy akár más modell előrejelzés adataival, másrésről viszont GFS modell adatokkal még nem végeztünk tesztelést, így nem tudjuk, hogy milyen hibákat okoz a modell pontatlansága. De ennek ellenére egy tesztet elvégeztünk ezekkel az adatokkal is erre a napra.

A programom bemenő adatait a GFS modell 2008. 12. 09. 12.00 UTC-s futásának 18.00 UTC-re vonatkozó előrejelzés adatai adták. Az adatokat GrADS<sup>17</sup> programmal dolgoztuk fel, hogy számunkra használhatóak legyenek. A módszerünk 4 km-es látást adott 18.00 UTC-ra, ami sajnos nem túl eredményes, hiszen ekkor még köd volt. Már említettük, hogy az MM5 modell is a köd gyorsabb feloszlását jelezte előre, és a mi módszerünk sem tudta megfogni a ködöt megfelelően. Eredményeinket összefoglalva az alábbi, a 3. táblázat tartalmazza.

Időpont:	km (mért)	km (klíma adatokon alapuló modell)
16.40 UTC	6 km	
18.00 UTC	0,2 km	4 km
19.40 UTC	4 km	

**3. táblázat:** A látástávolság becslő modell összehasonlítása a megfigyelésekkel

<sup>16</sup> GFS: Global Forecast System

<sup>17</sup> GrADS: Grid Analysis and Display System

### **5.3. Az esettanulmányok tanulsága**

Két esettanulmányt végeztünk. Az első egy erős inverziós helyzetben kialakult, az egész országra hatással lévő köd helyzetet dolgozott fel, ami több napig eltartott. A másik eset egy lokálisabb kevesebb ideig tartó, a keleti országrészt érintő köd-advékiós eset volt. Mindkét helyzet, Magyarországon egy tipikus, téli félévben rendszeresen megjelenő helyzet. A rendelkezésünkre álló előrejelző modell eredményei illetve az általunk kidolgozott módszer alapján, elmondható hogy a módszerek előrejelzik, hogy számíthatunk a látástávolság romlására/javulására esetleg ködre, de mindegyik módszer további fejlesztéseket igényel, a megbízhatóbb működés érdekében. Emellett jó lehetőségnek bizonyult a műholdas produktumok használata, különösképpen, a MSG-2 éjszakai köd RGB kompozit képpel való követés, illetve minden olyan produktum használata (felszállások adatai, környező állomásokon mért értékek), ami a köd kialakulását befolyásoló tényezőket minél pontosabban szemlélteti. Ahogyan már többször említettük, az ilyen helyzetekben nagyon sokat számít a szinoptikus tapasztalata.



## **ÖSSZEFOGLALÁS, TOVÁBBI CÉLKITŰZÉSEK**

Szakedolgozatom a látástávolság és a köd előrejelzésével foglalkoztam. Kipróbáltunk, bemutattunk és teszteltünk egy módszert a látástávolság előrejelzésére, amelyet egy ködklimatológiai vizsgálat előzött meg. Ez adta az analógiás módszer alapját.

Részletesen elemeztem két, a Kárpát-medencére jellemző köd esetet, egy erős inverziós helyzetben kialakuló és egy köd-advekción helyzetet.

Az eredmények és az esettanulmányok ismertetését megelőzően célszerűnek láttuk, hogy megismertessük az olvasót a látástávolság és a köd fogalmával, felvázoljuk azokat a módszereket, amelyeket az előrejelzésükre használnak.

A vizsgálatokat és módszereket a szolnoki repülőtérre, a repülőtéri szinoptikus állomás adataival végeztük. A klimatológiai vizsgálat 15 év adatai (1991-2006 között óránként mért hőmérséklet, harmatpont, légnyomás, köd, szélesség, szélirány, felhőzetrel való borítottság, látástávolság adatsorai alapján) alapján készült. Ez a vizsgálat jó áttekintést adott arra, hogy milyen gyakorisággal, milyen időszakokban és milyen időjárási viszonyok között fordul elő köd a szolnoki repülőtéren.

Ez a klimatológiai elemzés adta az előrejelző programunk alapjait is. A 2009. novemberi tesztidőszakra az MM5 modelladatokkal dolgoztunk. Arra az eredményre jutottunk, hogy a klíma-adatbázis felhasználásával futó, analógia keresésen alapuló programunk és az Országos Meteorológiai Szolgálatnál használt Wantuch-féle látástávolság előrejelző modellhez hasonló átlagos eltéréseket mutatott a látástávolság mérésekhez képest. A két modell hasonló megbízhatósággal működött.

A tesztidőszakok és az esettanulmányok alapján elmondható, hogy módszerünk előrejelzi a látástávolság romlását illetve javulását, de nem mindig megfelelő mértékben és nem minden esetben tudja prognosztizálni konkrétan a köd kialakulását. A vizsgált látástávolság tartományban a legpontosabban a párásság esetén dolgozik (1000 és 5000 méter közötti intervallumban). Az általunk fejlesztett modell azokra a szituációkra, amelyekből a 15 éves adatsor keveset tartalmaz (pl. köd advekción, advekción köd) nem ad jó eredményt. Ez érthető, hiszen az ilyen helyzeteket elnyomják a nagyszámú egyéb ködhelyzetek. Várhatóan a legjobb teljesítményt radiációs ködnél fogja szolgáltatni a

modell (ebből a helyzetből van a legtöbb a 15 éves mintában). Ennek bizonyítása a közeli jövő feladata lesz.

További kutatási feladatként kitűzhetjük

- a klíma-adatokon alapuló látástávolság előrejelző programunk további tesztelése,
- numerikus modell produktumokra alapozott olyan fejlesztések elvégzése, ami megalapozza a módszer operatív alkalmazását

A dolgozat tapasztalatai alapján, arra a következtetésre jutottunk, hogy jó esély van pusztán a klímaadatok alapján egy jól használható látástávolság előrejelző módszer alkalmazására.

## ***KÖSZÖNETNYILVÁNTÁS***

Ezúton szeretném megköszönni mindazok munkáját, akik segítették a dolgozat elkészítését.

Első helyen szeretném megköszönni dr. Wantuch Ferencnek és dr. Bottyán Zsoltnak témavezetőimnek, a nagy munkát, a folyamatos biztatást, a sok türelmet, a segítőkész és hozzáértő témavezetését, és azt a nagymennyiségű, jól használható adatot, amelyet biztosítottak számomra, hogy a dolgozat vizsgálatait minél jobban, több oldalról el tudjam végezni.

Köszönettel tartozom dr. Weidinger Tamásnak a tanszéki konzulensemnek, a dolgozat ellenőrzésében nyújtott segítségért, valamint türelméért és bizalmáért.

Köszönettel tartozom Gaál Áronnak a segítségéért, a sok biztatásáért és a dolgozat elkészítéséhez nyújtott tanácsaiért.

És végül, de nem utolsó sorban köszönettel tartozom a családomnak és azoknak az embereknek, akik lelkesítettek, bátorítottak, véleményt alkottak a dolgozatomról és türelemmel voltak irántam ebben a nehéz időszakban is, valamint köszönöm évfolyamtársaimnak az együtt töltött felejthetetlen öt évet.

## ***FELHASZNÁLT IRODALOM***

- Bóna M., 1986: Hideg-légpárnák aeroszinoptikai vizsgálata. *OMSZ Meteorológiai Tanulmányok*. 54. szám.
- Bottyán Z., 2010: Az EUMETSAT EUMETCAST meteorológiai műholdas berendezések felhasználási lehetősége az operatív előrejelzésben a katonai repülőtereken. *Repüléstudományi Konferencia, Konferencia Kiadvány, Szolnok*, 2010/2.
- Bonta I. 2005: Vigyázat, inverzió! *Léggör* 50. évf. 1. szám.
- Gyuró Gy., 2008: Szinoptikus időjárási analízis eszközei. *Kézirat, Eötvös Kiadó, Budapest*.
- ICAO, 2007: International Civil Aviation Organization (ICAO). Meteorological Service for International Air Navigation. Sixteenth Edition, July 2007.
- Nielsen, N.W. and Petersen, C., 2008: Operational visibility and fog forecasting at the Danish Meteorological Institute. 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
- Hyvarinen, O., Julkunen, J., and Nietosvaara, V., 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
- Croft, P.J., 2002: Fog. *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*. Pages 777–792.

- Bakowski, R., Glowacka, A., Olszewska, E., Paradowski, M., and Wiazewsk, W., 2008: Fog forecast based on statistical correlation of selected meteorological elements- Weather conditions favorable 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
- Capon, R., Tang, Y., Forbes, R. and Clark, P., 2008: A very high resolution model for local fog 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
- Sándor Valéria, Wantuch Ferenc, 2005: Repülésmeteorológia. Tankönyv pilóták és leendő pilóták számára. Folium Nyomda. ISBN 963 7702 91 1 Második javított kiadás.
- Bergot, T., 2008: COBEL-ISBA: a site-specific numerical prediction system of fog and low clouds. 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
- Tóth P., 1984.: Parametrizáció bevezetése a hideg légpárnák keletkezése és feloszlásának analízise céljából. *OMSZ, Meteorológiai Tanulmányok*. 51. szám
- Tuba Z., 2009: Egy eseménytelen nap margójára, avagy egy köd-advekción tanulságai. *Repüléstudományi Konferencia , Konferencia Kiadvány, Szolnok, 2009/2.*
- Niestovaara, V. and Jacobs, W., 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
- Wantuch, F., 2001: Visibility and fog forecasting based on decision tree method. *Időjárás* 105, 29–38.

Wantuch F., Bottyán Zs., Deák B., 2010: A látótávolság és a köd rövidtávú előrejelzésének lehetőségei. Repüléstudományi Konferencia, Konferencia Kiadvány, Szolnok, 2010/2.

***Internetes források:***

<http://www.zamg.ac.at/docu/Manual/SatManu/main.htm?/docu/Manual/SatManu/Short/FgStr/short.htm>

<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/realtime/?calendar>

<http://met.hu/omsz.php>

<http://nimbus.elte.hu/kutatas/sat/modis.html>

<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

<http://oiswww.eumetsat.org/IPPS/html/MSG/RGB/>

<http://wwwt.emc.ncep.noaa.gov/gmb/moorthi/gam.html>

<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/>

[http://www.lpds.sztaki.hu/projects/completed/ikta3/mellek2\\_2\\_kepekkel.pdf](http://www.lpds.sztaki.hu/projects/completed/ikta3/mellek2_2_kepekkel.pdf)

<http://www.hirextra.hu/2010/05/04/tomeges-serulessel-jaro-balesetek/>

## **FÜGGELÉK**

A függelékben az általunk kipróbált módszer forráskódja található:

```
// proba.cpp : Defines the entry point for the consol
application.
//

#include "stdafx.h"
#include <string.h>
#include <math.h>

#define BEMENETSOR 132296 //MAXCOUNT

//függvények

float faktor(float a,float b,float c,float d,float e)
{
    float osszeg;
        osszeg=a+b+c+d+e;
    return osszeg;
}

int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    FILE *INPUT;
    FILE *INPUT2;
    FILE *BEMENET;
    FILE *OUT1;

    INPUT=fopen("e://input.txt","r");
    INPUT2=fopen("e://inputido.txt","r");
    BEMENET=fopen("e://bemenet.txt","r");
    OUT1=fopen("e://OUT1.txt","w+");

    long int i;

    float dzs; //ezt nem használjuk (látástávolság)
    float T,Td,p;
    float kod,szeli,szels,RH,felho;
    float T1,Td1,p1,kod1,szeli1,szels1,RH1,felho1;

//beolvassás
```

```

        fscanf(BEMENET, "%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f", &kod, &szeli, &szels, &T, &Td, &RH, &felho, &dzs, &p);
        fclose(BEMENET);

        float
        kulT1, kulTd1, kulp1, kulkod1, kulszeli1, kulszels1, kulRH1, kulfe
        lhol;
        float eredmeny[10][8];
        float tombfaktor[BEMENETSOR];
        long int index[10];
        float legkisebb[10];
        float a, b;

        for (i=0; i<BEMENETSOR; i++)
        {

                fscanf(INPUT, "%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t", &kod1, &szeli1, &szels1, &T1, &Td1, &RH1, &felhol1, &dzs, &p1);

//különbsegeképzés

                kulkod1=abs(kod1-kod);

//Szeliranyiszamolas
                a=szeli1-szeli;
                if (a<0) b=a+360;
                if (a>0) b=a-360;

                if (abs(a)<abs(b))
                {
                        kulszeli1=(abs(a))/360*100;
                }
                else
                {
                        kulszeli1=(abs(a))/360*100;
                }

//Szeliranyiszamolas vege

//faktorszámítás:
//referenciaértékek: ami maximum volt Szolnokon az elmúlt
15 évben: T=38, Td=23, RH=100, v=16, szélirány 360fokra

                kulszels1=(abs(szels1-szels))/16*100;
                kulT1=(abs(T1-T))/38*100;
                kulTd1=(abs(Td1-Td))/23*100;

```



```

        kulRH1=abs (RH1-RH) ;
        kulfelho1=abs (felho1-felho) ;
        kulp1=abs (p1-p) ;

        tombfaktor[i]=faktor (kulszeli1,kulszels1,kulT1,kulTd1,
        kulRH1);

    }

    for (i=0; i<10; i++)
    {
        legkisebb[i]=10000;
        index[i]=0;
    }

    printf("\n Minimumok
    keresese...\n*****\n");

//legkisebb keresés
    for (i=0; i<BEMENETSOR; i++)
    {
        if (tombfaktor[i]<legkisebb[0])
        {
            index[0]=i;
            legkisebb[0]=tombfaktor[i];
        }
    }

//második legkisebb keresés
    for (i=0; i<BEMENETSOR; i++)
    {
        if (tombfaktor[i]>legkisebb[0] &&
        tombfaktor[i]<legkisebb[1])
        {
            index[1]=i;
            legkisebb[1]=tombfaktor[i];
        }
    }

//harmadik legkisebb keresés
    for (i=0; i<BEMENETSOR; i++)
    {
        if (tombfaktor[i]>legkisebb[0] &&
        tombfaktor[i]>legkisebb[1] && tombfaktor[i]<legkisebb[2])
        {
            index[2]=i;
            legkisebb[2]=tombfaktor[i];
        }
    }

```

```

    }

//negyedik legkisebb keresés
    for (i=0; i<BEMENETSOR; i++)
    {
        if (tombfaktor[i]>legkisebb[0] &&
tombfaktor[i]>legkisebb[1] && tombfaktor[i]>legkisebb[2]
        && tombfaktor[i]<legkisebb[3])
            {
                index[3]=i;
                legkisebb[3]=tombfaktor[i];
            }

    }

//ötödik legkisebb keresés
    for (i=0; i<BEMENETSOR; i++)
    {
        if (tombfaktor[i]>legkisebb[0] &&
tombfaktor[i]>legkisebb[1] && tombfaktor[i]>legkisebb[2]
        && tombfaktor[i]>legkisebb[3] &&
tombfaktor[i]<legkisebb[4])
            {
                index[4]=i;
                legkisebb[4]=tombfaktor[i];
            }

    }

//hatodik legkisebb keresés
    for (i=0; i<BEMENETSOR; i++)
    {
        if (tombfaktor[i]>legkisebb[0] &&
tombfaktor[i]>legkisebb[1] && tombfaktor[i]>legkisebb[2]
        && tombfaktor[i]>legkisebb[3] &&
tombfaktor[i]>legkisebb[4] && tombfaktor[i]<legkisebb[5])
            {
                index[5]=i;
                legkisebb[5]=tombfaktor[i];
            }

    }

//hetedik legkisebb keresés
    for (i=0; i<BEMENETSOR; i++)
    {
        if (tombfaktor[i]>legkisebb[0] &&
tombfaktor[i]>legkisebb[1] && tombfaktor[i]>legkisebb[2]
        && tombfaktor[i]>legkisebb[3] &&
tombfaktor[i]>legkisebb[4] && tombfaktor[i]>legkisebb[5]

```

```

        && tombfaktor[i]<legkisebb[6])
        {
            index[6]=i;
            legkisebb[6]=tombfaktor[i];
        }
    }

//nyolcadik legkisebb keresés
for (i=0; i<BEMENETSOR; i++)
{
    if (tombfaktor[i]>legkisebb[0] &&
tombfaktor[i]>legkisebb[1] && tombfaktor[i]>legkisebb[2]
    && tombfaktor[i]>legkisebb[3] &&
tombfaktor[i]>legkisebb[4] && tombfaktor[i]>legkisebb[5]
    && tombfaktor[i]>legkisebb[6] &&
tombfaktor[i]<legkisebb[7])
        {
            index[7]=i;
            legkisebb[7]=tombfaktor[i];
        }
    }

//kilencedik legkisebb keresés
for (i=0; i<BEMENETSOR; i++)
{
    if (tombfaktor[i]>legkisebb[0] &&
tombfaktor[i]>legkisebb[1] && tombfaktor[i]>legkisebb[2]
    && tombfaktor[i]>legkisebb[3] &&
tombfaktor[i]>legkisebb[4] && tombfaktor[i]>legkisebb[5]
    && tombfaktor[i]>legkisebb[6] &&
tombfaktor[i]>legkisebb[7] && tombfaktor[i]<legkisebb[8])
        {
            index[8]=i;
            legkisebb[8]=tombfaktor[i];
        }
    }

//tizedik legkisebb keresés
for (i=0; i<BEMENETSOR; i++)
{
    if (tombfaktor[i]>legkisebb[0] &&
tombfaktor[i]>legkisebb[1] && tombfaktor[i]>legkisebb[2]
    && tombfaktor[i]>legkisebb[3] &&
tombfaktor[i]>legkisebb[4] && tombfaktor[i]>legkisebb[5]
    && tombfaktor[i]>legkisebb[6] &&
tombfaktor[i]>legkisebb[7] && tombfaktor[i]>legkisebb[8]
    && tombfaktor[i]<legkisebb[9])
        {

```

```

        index[9]=i;
        legkisebb[9]=tombfaktor[i];
    }

    }

    for (i=0;
i<10; i++)
    {
        printf("%f * %li\n",legkisebb[i],index[i]);
    }

char idopont[100]="";

    long int sor;
    for (i=0; i<10; i++)
    {
        rewind(INPUT);
        rewind(INPUT2);
        sor=-1;
        while (sor!=index[i])
        {

            fscanf(INPUT,"%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t", &e
redmeny[i][0], &eredmeny[i][1], &eredmeny[i][2],
            &eredmeny[i][3], &eredmeny[i][4], &eredmeny[i][5], &eredm
eny[i][6], &dzs, &eredmeny[i][7]);

            fgets(idopont, 80, INPUT2);

                sor++;
        }

        fprintf(OUT1,"%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t%f\t
%s",eredmeny[i][0],eredmeny[i][1],eredmeny[i][2],
            eredmeny[i][3],eredmeny[i][4],eredmeny[i][5],eredmeny[
i][6],dzs,eredmeny[i][7],legkisebb[i],idopont);
    }

```

```
fclose(INPUT);  
fclose(INPUT2);  
fclose(OUT1);  
  
printf("\nKesz! Nyomj <enter>-t!\n");  
getchar(); //varakozas gombnyomasra  
  
return 0;  
}
```