

A 850/1000 HPA-OS RELATÍV TOPOGRÁFIÁN ALAPULÓ HALMAZÁLLAPOT-ELŐREJELZÉS ÚJ MÓDSZERE

A NEW METHOD FOR FORECASTING THE STATE OF PRECIPITATION BASED ON 850/1000 HPA RELATIVE TOPOGRAPHY

Babolcsai György

Országos Meteorológiai Szolgálat, H-1525 Budapest, Pf. 38., *babolcsai.gy@met.hu*

Összefoglaló. A tapasztalatok szerint a 850/1000 hPa-os relatív topográfia 1300 méteres izovonalának halmazállapot-eltválasztó prediktorkénti használata hasznos segítség az előrejelzésben, azonban prognosztikai sikeressége erősen függ az időjárási helyzettől. Részletesen megvizsgálva az előrejelzés eredményességének szórását okozó tényezőket, és ezáltal feltárva az egyes meteorológiai változók szerepét, új, bármely modellre könnyen előállítható hó-valószínűség prediktort sikerült megalkotni. E prediktor a 850/1000 hPa-os relatív topográfia, a 850 hPa-os hőmérséklet, a 2 méteres harmatpont, a csapadék-intenzitás és a tengerszintre átszámított légnyomás alapján adja meg a hó valószínűségét. Az új módszer alkalmazásával a halmazállapot prognosztizálásának eredményessége jelentős mértékben javítható.

Abstract. According to experiences, applying the 1300 gpm isoline of the 850/1000 hPa relative topography as a predictor to draw a threshold for the state of precipitation is a useful tool in forecasting. The reliability of this method, however, strongly depends on the weather situation. A new predictor for the probability of snow was developed through a comprehensive investigation of factors leading to a fluctuation in forecast skill of the above mentioned method and by revealing how different meteorological parameters contribute to this. This predictor provides the probability of snow based on 850/1000 hPa relative topography, temperature of the 850 hPa level, 2 meter dew point, precipitation intensity as well as mean sea level pressure and can be easily applied for any NWP models. Using this new method, the skill of predicting the state of precipitation can be significantly improved.

1. Bevezetés

A téli félévben a csapadék halmazállapotának előrejelzése gyakran állítja nagy kihívás elé a szinoptikus meteorológusokat. A nehézségeket jól mutatja, hogy az ilyen időjárási helyzetek között egyaránt találunk olyanokat, amelyeknél a bekövetkező halmazállapot rövid időn belül adott helyen is többször változik (csupán tized fokokon, kis intenzitásbeli változásokon múlik, hogy éppen eső, havas eső vagy hó formájában éri el a csapadék a felszínt), és olyanokat, amelyekben a nagyobb térséget (régiót, országrészeket) érintő, hosszú órákig, olykor egy-két napig is fennálló csapadék formája végül térben és időben nagy részben vagy teljesen egységesnek bizonyul.

Mivel lehetséges következményeit tekintve az év ezen időszakában éppen a csapadékforma a legfontosabb időjárási tényező, annak minél pontosabb előrejelzése érdekében célszerű minél több módszer együttes alkalmazása. Ez annál is inkább fontos, mert a havazás előrejelzése további kérdéseknek nyit kaput: az esetlegesen lehulló hó megmarad-e, illetve részben megmarad-e, és ha a hó megmarad, mennyi lesz a vízgyenértéke (nem mindegy ugyanis, hogy 10 mm csapadék 10 vagy 20 cm-es hótakarót eredményez-e)?

Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál a halmazállapot prognosztizálásához a modellek saját előrejelzései, és egy, a légoszlop pozitív és negatív hőmérsékletű területének kiszámításán alapuló statisztikai valószínűségi eljárás

(Fövényi, 1999) mellett közel egy évtizede felhasználják a 850/1000 hPa-os relatív topográfiát¹ is.

Utóbbi módszer operatív alkalmazását *Hirsch Tamás* diplomamunkájának eredménye inspirálta, amely szerint a vizsgált számos halmazállapot prediktor közül az RT 850/1000 bizonyult a legjobbnak (a relatív topográfia 1300 méteres értékénél síkvidéken körülbelül ugyanakkora a hó és az eső valószínűsége, ettől lefelé a hónap, felfelé az esőnek növekszik az esélye). A módszer egyértelmű előnye, hogy a különböző modellek különféle parametrizációs halmazállapot-előrejelzései szemben univerzális, minden modellre könnyen és gyorsan előállítható, és az előrejelző jól ismerheti a fizikáját (Hirsch, 2000).

A tapasztalatok alapján megállapíthatjuk, hogy a 850/1000 hPa-os relatív topográfia 1300 méteres izovonalának halmazállapot-eltválasztó prediktorkénti használata hasznos segítség az előrejelzésben, azonban prognosztikai sikeressége erősen függ az időjárási helyzettől. Szinoptikus-klimatológiai vizsgálatból nyert átlagértékről lévén szó természetesen, hogy az 1300 métertől időnként lényegesen eltérhet a tényleges halmaz-

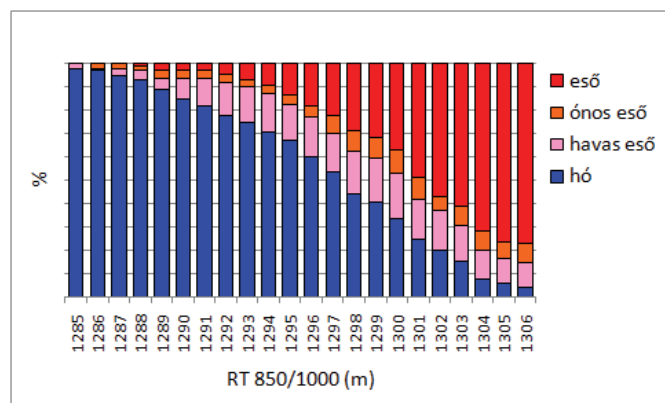
¹ *A 850/1000 hPa-os relatív topográfia a 850 hPa-os és az 1000 hPa-os nyomási szintek közti réteg vastagságát adja meg. Minél hidegebb ez a réteg, annál vékonyabb (mert sűrűbb benne a levegő). Tehát minél alacsonyabb az RT 850/1000 hPa-os érték, annál nagyobb a valószínűsége, hogy azon áthullva hó formájában érjen felszínt a csapadék.

állapot-váltáshoz tartozó érték. Célszerűnek látszott tehát a továbblépés, azaz részletesen megvizsgálni a szórást okozó tényezőket, feltárni az időjárási helyzet és benne egyes meteorológiai változók szerepét, és ennek nyomán pontosabb prediktort megalkotni.

2. A vizsgálat módszertana

A vizsgálat a Budapest-peštszentlőrinci szinoptikus főállomás rádiószondás és szinop adatai alapján készült. Azon esetek lettek feldolgozva az 1962-től 2009-ig, november 1-től március 31-ig terjedő időszakból, amikor a napi csapadékösszeg elérte az 1 mm-t, és a rádiószondás felszállás idején az állomás (nem záporos) csapadékot jelentett. A nem záporos kitétel oka az, hogy a cél a nagyobb térségű – a halmazállapot tekintetében a záporostól gyakran eltérő légköri viszonyokkal rendelkező – csapadék vizsgálata volt.

A vizsgálat első lépéseként meg kellett határozni az



1. ábra. A különböző csapadéktípusok relatív gyakorisága a 850/1000-es relatív topográfia függvényében

egy csapadékformának az RT 850/1000 értékek függvényében fellépő relatív gyakoriságát (1. ábra). (Az eloszlásfüggvény simítva lett az esetszám növelésével, oly módon, hogy az egyes RT 850/1000 értékekhez tartozó relatív gyakoriságok öt érték eseteiből állnak elő: az adott RT 850/1000 értékekhez hozzávesszük a szomszédos két-két méter adatait. Tehát például az 1297 méteres értékhez tartozó csapadéktípus relatív gyakorisága az 1295, 1296, 1297, 1298 és 1299 méteres esetek alapján kerül kiszámításra. Mindez megengedhető, mivel a RT 850/1000 értékének csökkenésével a hó valószínűségének növekedése egyértelműen monoton és egyenletes, továbbá számításba lehet venni kerekítési hibákat és mérési pontatlanságokat (pl. a ballonelsodródást)).

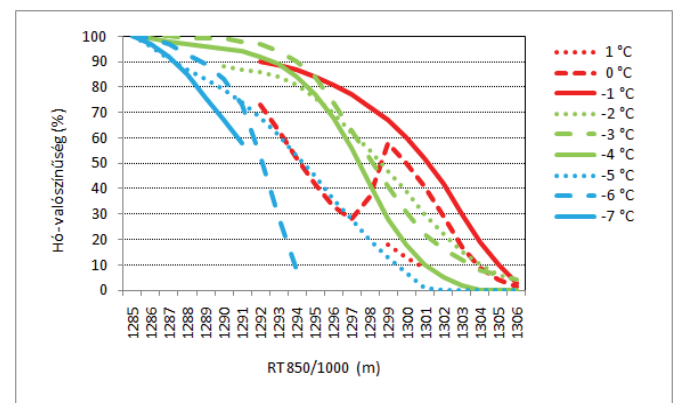
A vizsgálat alapján 99 százalékot meghaladó valószínűséggel várhatunk 1285 méteres rétegvastagság alatt havat, 1306 méter felett esőt. Az e két tartomány közti 22 méteres intervallumba eső esetek száma 746 volt, ebből 389 hó, 229 eső, 89 havas eső, 39 ónos eső.

Az 1. ábra alapján 1297,5 méter körüli értéknél 50 százalék a hó relatív gyakorisága, és 1299 méternél egye-

zik meg a tisztán szilárd (hó) és a tisztán folyékony halmazállapot (eső és ónos eső) valószínűsége. (Tehát ez kissé eltér Hirsch Tamás eredményétől, aki szintén a Budapest-peštszentlőrinci állomás adatait vizsgálta, de az 5 mm-nyi csapadékot elérő napokat, és rövidebb időszakot.)

A vizsgálatba vont, feltételezett halmazállapot-befolyásoló tényezők a következők voltak: a hőmérséklet 2 méteren, 925 és 850 hPa-on, a 2 méteres harmatpont, a 2 méteres nedvesség (a harmatpontdeficit alapján), a csapadék-intenzitás (a jelenidő kód alapján), a tengerszintre átszámított légnyomás, a szélsőbesség 10 méteren, 925 és 850 hPa-on.

A vizsgálat szerint ezen tényezők közül, azonos RT 850/1000 érték mellett a 850 hPa-os hőmérsékletet, a csapadék-intenzitást, a légnyomást és a 2 méteres harmatpontot érdemes halmazállapotot befolyásolóként figyelembe venni.



2. ábra. A hó valószínűsége a 850/1000-es relatív topográfia és a 850 hPa-os hőmérséklet függvényében

A hó-valószínűség nem mutatott szignifikáns érzékenységet a 850 hPa-os és 925 hPa-os szélsőbességre, továbbá a vizsgálat nem hozott a 850 hPa-os hőmérsékletre és a 2 méteres harmatpontra nyert túl érdemi információt a 925 hPa-os hőmérséklet, a 2 méteres hőmérséklet és nedvesség esetében, illetve használhatatlannak bizonyultak a 10 méteres szélsőbességre kapott eredmények.

3. A halmazállapot-befolyásoló tényezők

3.1. A légrétegződés

Azonos rétegvastagságú esetek között egyre inverziósabb légállapotúnak tekinthetjük a réteg tetején, azaz 850 hPa-on egyre melegebbeket, és fordítva, egyre kirugódottabb állapotgörbéjűnek a felső szinten egyre hidegebbeket. Extrém esetektől eltekintve ugyanis azonos átlaghőmérsékletű légoszlopot szemlélve minél hidegebb van lent, annál melegebb kell, hogy legyen fent, és viszont.

Ez a törvényszerűség olvasható ki a 2. ábráról, benne érdekes részletekkel. (Ahol nem volt elégséges az eset-

szám, nincs folytatva a görbe). Kisebb eltérésektől eltekintve főszabályként jó közelítéssel elmondhatjuk, hogy azonos RT 850/1000 érték mellett minél alacsonyabb a 850 hPa-os hőmérséklet, annál kisebb a hó valószínűsége.

Például ha 1300 méteres RT 850/1000 értéknél a réteg tetején -5 fok a levegő hőmérséklete, akkor az esetek kevesebb, mint 10 százalékában, míg -1 fokos hőmérsékletnél több mint 60 százalékában várhatunk havat! A rétegvastagságnak és a réteg teteje hőmérsékletének együttes ismerete tehát jó fokmérője a légállapot típusának, az inverzió, illetve az átkeveredtség erősségének, és így közvetve az utazó hópelyhek olvadása valószínűségének. Mindez legtisztábban az 1298 méter feletti tartományban mutatkozik meg.

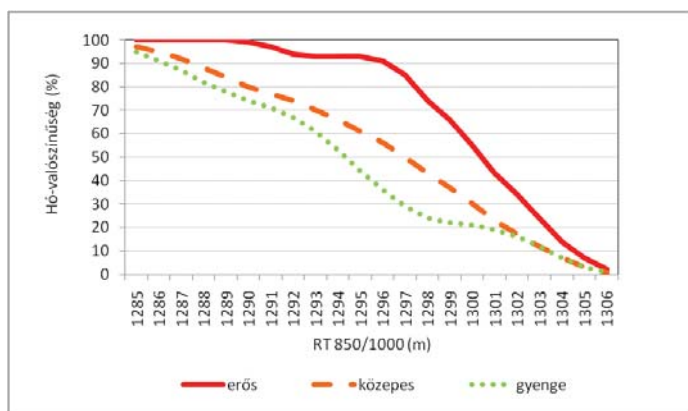
1295 méter felett azonos RT 850/1000 értékű esetek közül a -1 fokos 850 hPa-os hőmérsékletűeknél a legnagyobb a hó valószínűsége. Ekkor fent elég hideg van már a hóhoz, és egyben elég hideg a teljes légoszlop. Érdekes a 0 fokos görbe: 1299 és 1303 méter között ennél a hőmérsékletnél alig kisebb a hó esélye, mint -1 foknál, de 1299 méter alatt átmenetileg drasztikusan megnő az egyéb csapadéktípusok aránya. Ez az egyetlen izoterma, ahol sérül a monotonitás, miszerint az RT 850/1000 érték csökkenésével a hó valószínűsége növekszik. További érdekes eredmény, hogy 1298 méter alatt a 0 és -5 fok mellett fellépő hó-valószínűség közel azonos, valamint hogy 1297 méter felett -2, alatta -3 fokon nagyobb kissé a hó relatív gyakorisága.

háromszor nagyobb eséllyel várhatunk havat, mint gyenge esetén. Az erős és közepes intenzitás hó-valószínűségei között nagyobb a különbség, mint a közepes és gyenge között.

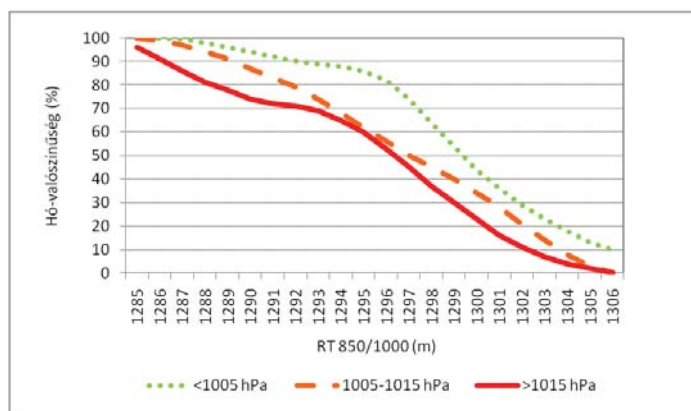
A vizsgált tartomány nagy részén a csapadék intenzitásának gyengébből erősbe való váltása 6-8 méternyi relatív topográfia csökkenés hatásával megegyező hó-valószínűség növekedést eredményez. Megállapíthatjuk továbbá, hogy erős intenzitás esetén már 1296 métertől lefelé 90 százalék fölötti a hó esélye, gyenge intenzitás esetén ez csak 1286 métertől következik be.

3.3. A légnyomás

Az RT 850/1000 definíciójából következően a légnyomás értékének – azon túl, hogy minél alacsonyabb a légnyomás, átlagosan annál intenzívebb lehet a csapadék – egy speciális következménye is van a számolt hó-valószínűségekre. Ha a műszerszinti légnyomás 1000 hPa alatti, akkor az RT 850/1000 érték kiszámításakor felszín alá hatoló extrapolációval élünk, ezért a valóságosnál vastagabb légréteggel – hosszabb lehetséges olvadási úttal – számolunk, ami a hó valószínűségének gyakori alábecslését eredményezi. Ha viszont a műszerszinti légnyomás 1000 hPa feletti, akkor a 850 és 1000 hPa közötti tartományon áteső csapadéknak további légrétegen kell átjutnia, ezért a hó olvadására hosszabb ideig van lehetőség. Ebben az esetben az RT 850/1000 felülbecsli a hó valószínűségét.



3. ábra. A hó valószínűsége a 850/1000-es relatív topográfia és a csapadék intenzitása függvényében



4. ábra. A hó valószínűsége a 850/1000-es relatív topográfia és a tengerszinti légnyomás függvényében

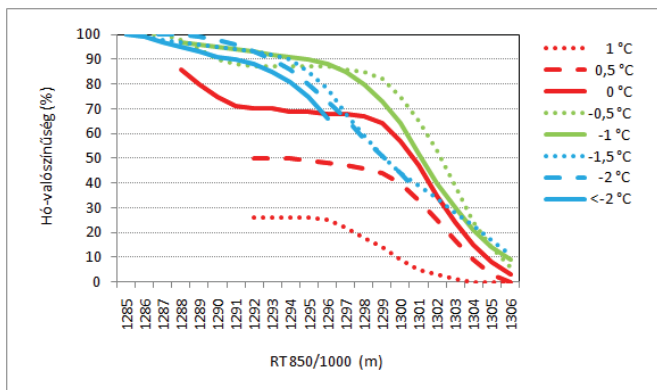
3.2. A csapadék-intenzitás

A csapadék párolgás és olvadás általi hűtő hatásának szerepe a hó-valószínűség alakulásában markánsan mutatkozik meg a 3. ábrán. Azonos RT 850/1000 érték mellett minél intenzívebb a csapadék, annál nagyobb a hó valószínűsége. Az intenzitás szerepének megállapítására az észlelés jelenidő kódja bizonyult a legmegfelelőbbnek (bár szubjektív, mégis jobban szétválasztja az eseteket, mint a harmatpontdeficit). Legerősebb a függés az 1296 és 1300 méteres értékek között, ahol erős intenzitás esetén mintegy

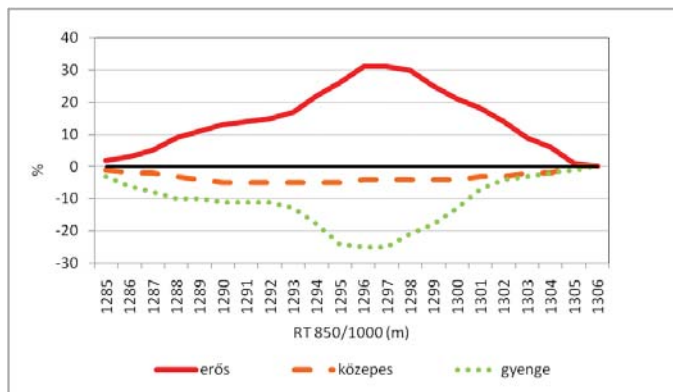
A két fenti – egy irányba húzó – hatás következményét látványosan szemlélteti a 4. ábra: azonos RT 850/1000 érték mellett minél alacsonyabb a légnyomás, annál nagyobb a hó valószínűsége. Az alacsony és magas nyomású kategóriákba tartozó esetek között mintegy 10-30 százalék különbség mutatkozik, a kisebb a vizsgált RT 850/1000 tartomány két szélén, a nagyobb a közepén. A középső légnyomás kategória hó valószínűsége a RT 850/1000 tartomány közepén megközelíti a magas légnyomású esetekét.

3. 4. A 2 méteres harmatpont

A hó előfordulásában a 2 méteres harmatpont fontossága nyilvánvaló. A +1 fok feletti tartományban szinte nincs eset, majd +1 fok alatt gyorsan nő a hó-valószínűség (5. ábra). Az 1296 méter feletti RT 850/1000 értékeknél -0,5 foknál a legnagyobb a hó esélye. Például a 34 százalékos átlagos hó valószínűséggel rendelkező 1300 méteres RT 850/1000 hPa-os esetek között, ha hozzá -0,5 fokos 2 méteres harmatpont társul, 80 százalékos a hó esélye.



5. ábra. A hó valószínűsége a 850/1000-es relatív topográfia és a 2 méteres harmatpont függvényében



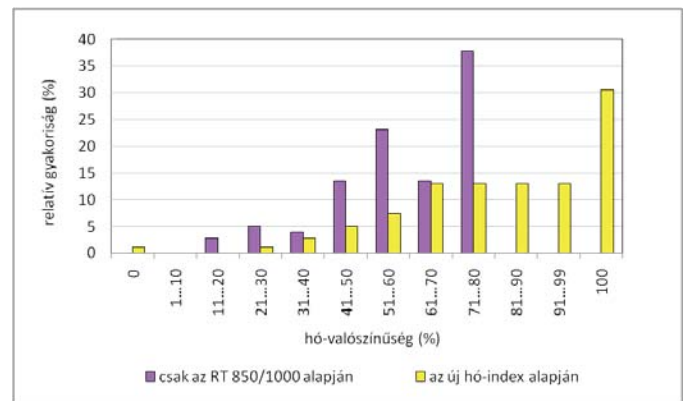
6. ábra. A csapadék-intenzitás hatása a hó-valószínűsége a 850/1000-es relatív topográfia függvényében

Az ok ezúttal is abban keresendő, hogy ugyanazon RT 850/1000 érték mellett, ha lent hidegebb van, akkor fent melegebbnek kell lennie. Úgy tűnik, a harmatpontnál -0,5 fok körül van a „mágikus határ”, amely alatt a fenti régiókban van túl meleg, illetve amely feletti harmatpontnál a legalsó légrétegben tud nagyon megolvadni a hó. Fagypon alatti harmatpontnál a harmatpont csökkenésével az 1296 méter feletti tartományban csökken, az az alattiban alig változik a hó valószínűsége.

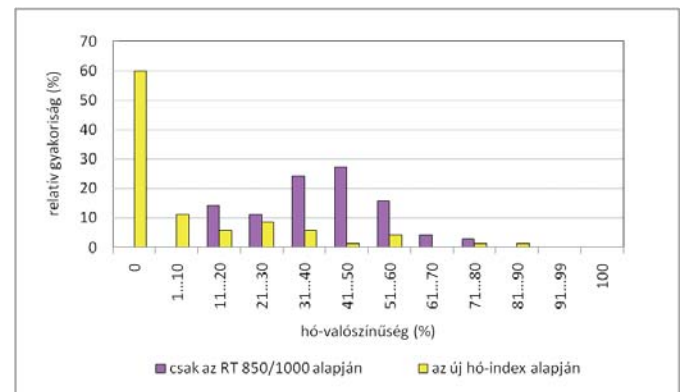
4. Új hó-valószínűség index

A vizsgálat végső célja egy hó valószínűségi változó (index) megalkotása volt, amely a 746 eset alapján az egyes RT 850/1000 értékekhez megkapott „nyers” hó-valószínűséget az azt befolyásoló meteorológiai változók függvényében korrigálja.

A fent ismertetett négy halmazállapot-befolyásoló tényezőre megkapott összefüggések, valószínűségek alapján a modell-előrejelzésekben használható hó-valószínűség index egyszerű algoritmus a következő: a relatív topográfia megismert „nyers” hó-valószínűségeihez (1. ábra) hozzáadjuk, illetve azokból levonjuk a vizsgálat során a négy tényezőre külön-külön nyert járulékokat. A négy tényező egyikének, a csapadék-intenzitásnak a járulékát szemlélteti a 6. ábra.



7. ábra. A 850/1000-es relatív topográfia, illetve az új hó-index alapján előrejelzett hó-valószínűségek relatív gyakorisága, amikor ténylegesen havazott

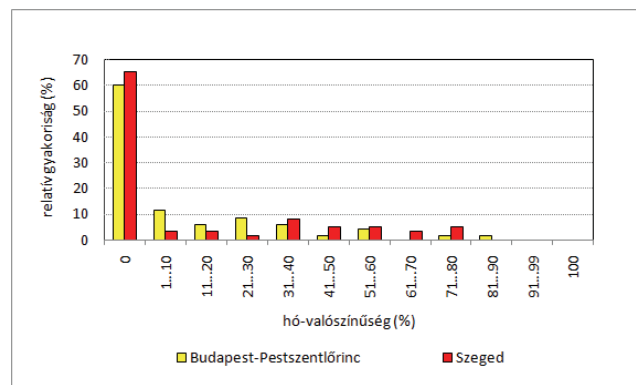
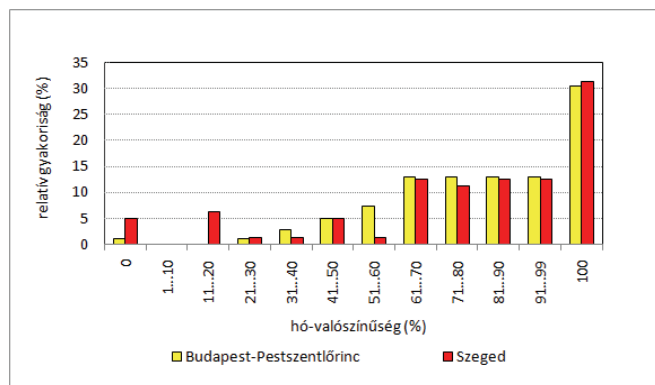


8. ábra. A 850/1000-es relatív topográfia, illetve az új hó-index alapján előrejelzett hó-valószínűségek relatív gyakorisága, amikor ténylegesen eső esett

Tehát, ha például az adott földrajzi pontra a modell 1299 méteres RT 850/1000 értéket jelez előre, akkor ott a „nyers” RT 850/1000-re kapott valószínűségek alapján 41 százalék a hó esélye. Amennyiben viszont figyelembe vesszük a csapadék-intenzitást is, akkor, ha ott gyenge a modell alapján várt csapadék, kb. 22 százalékra csökken, ha viszont erős, akkor 64 százalékra nő a hó valószínűsége. Ugyanígy kiszámolva a 850 hPa-os hőmérséklet, a légnyomás és a 2 méteres harmatpont járulékait, s a végén ezeket összeadva megkapjuk az új hó-valószínűséget. A 7. és 8. ábrán az látható, hogy az 1292 és 1302 méter közötti tartományban (amikor is 80 és 20 százalék között változik a hó esélye) mennyit javított ez a módszer az egyszerűen az RT 850/1000 alapján megismert („nyers”) valószínűségekhez képest, amikor ténylegesen hó, illetve amikor eső esett.

A havas esetek 30 százalékában az új index 100 százalék, 13-13-13 százalékban (érdekes véletlen) 61-70, 71-80, 81-90 és 91-99 százalék valószínűséget adott a hónap (7. ábra), és mindössze az esetek 10 százalékában adott 50 százalék alatti hó esélyt. A régi index ebben a tartományban „nem tudott” 80 százalék fölötti hó esélyt adni, igaz, a 71-80 százalékos intervallumba esett csaknem az esetek 40 százaléka. Az esetek mintegy negyedében azonban 50 százalék alá adta a hó valószínűségét, amikor is a bekö-

2010 februárjától az új index alapján számolt hóvalószínűség mezők több modellre is elérhetőek lettek az OMSZ HAWK 3-as megjelenítő rendszerén, és már a napi operatív munkában hasznosulnak. Az eredmények igen biztatóak. Az új index, a „nyers” valószínűségek és a modellek saját halmazállapot-előrejelzései bevilásának összehasonlítása, objektív verifikációja a következő téli idények feladata lesz.



9. ábra. Az új hó-index alapján előrejelzett hó-valószínűségek relatív gyakorisága Budapesten és Szegeden, amikor ténylegesen hó (bal oldalon), illetve eső (jobb oldalon) esett

vetkezett csapadékforma hó volt. A korrekció a havas esetekben 60-ról 80 százalékra növelte a hó átlagos valószínűségét.

Nagymértékű a javítás akkor is, amikor eső hullott (8. ábra), azaz drasztikusan kisebb hó esélyt adott ez esetben az új index. Az esős esetek 60 százalékában kizárta a hó esélyét, miközben a nyers alapján az ilyen esetek több mint 70 százalékában csak annyit tudhattunk, hogy 30 és 60 százalék közti a hó esélye. A korrekció az esős esetekben 39-ről 11 százalékra csökkentette a hó átlagos valószínűségét.

A budapesti állomásra megkapott hó-valószínűségeket alkalmazva a szegedi szinoptikus főállomás adatsorára (szintén azokat az esetek kiválasztva az 1962-től 2009-ig, november 1-től március 31-ig terjedő időszakból, amikor a napi csapadékösszeg elérte az 1 mm-t, és a rádiószondás felszállás idején az állomás (nem záporos) csapadékot jelentett, továbbá az RT 850/1000 értéke 1292 és 1302 méter közötti volt), egy csaknem független mintán ellenőrizhetjük eredményünket. A két mintát azért nevezhetjük csaknem függetlennek, mert bár az esetek egy része azonos időpontú, és nyilván azonos légköri objektum szülte, ugyanakkor a 170 km-es távolság még ezen esetek nagy részében is a négy befolyásoló tényező tekintetében jelentős eltéréseket feltételez. A két minta összehasonlítása látható a 9. ábrán. Nagyfokú hasonlóság mutatkozik, amely igazolja a budapesti adatok alapján kapott hó-valószínűségek reprezentativitását a síkvidéki területekre.

5. Összefoglalás

A tapasztalatok szerint a 850/1000 hPa-os relatív topográfia 1300 méteres izovonalának halmazállapot-elválasztó prediktorkénti használata hasznos segítség az előrejelzésben, azonban prognosztikai sikeressége erősen függ az időjárási helyzettől. Részletesen megvizsgálva az előrejelzés eredményességének szórását okozó tényezőket, és ezáltal feltárva az egyes meteorológiai változók szerepét, új, bármely modellre könnyen előállítható hó-valószínűség prediktort sikerült megalkotni. E prediktor a 850/1000 hPa-os relatív topográfia, a 850 hPa-os hőmérséklet, a 2 méteres harmatpont, a csapadék-intenzitás és a tengerszintre átszámított légnyomás alapján adja meg a hó valószínűségét. Az új módszer alkalmazásával a halmazállapot prognosztizálásának eredményessége jelentős mértékben javítható.

Irodalom:

- Fövényi A., 1999/1: Probability Forecasting of Different States of precipitation Using ALADIN Data, RC LACE Bulletin No.7, 4 pages, Ljubljana, Slovenia, 1999
- Hirsch, T., 2000: Synoptic-climatological investigation of weather systems causing heavy precipitation in winter in Hungary, Időjárás Vol. 104 No. 3., pp. 173-196