

A planetáris határréteg magasságának előrejelzése az AROME modellel

Tudományos diákköri dolgozat



Készítette: Csáki András

csaqact

Témavezető: Dr. Szintai Balázs, Országos Meteorológiai Szolgálat

2013-01-05

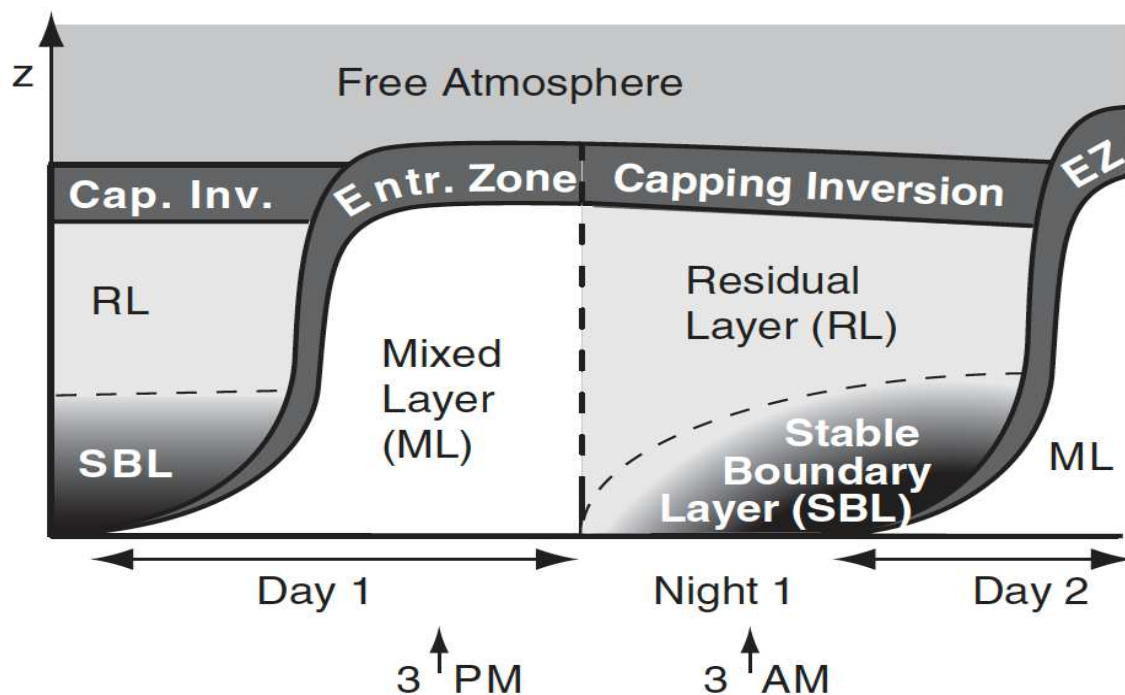
Tartalom

TARTALOM	2
1. BEVEZETÉS	3
A PLANETÁRIS HATÁRRÉTEG FOGALMA	3
A PHR MAGASSÁG VIZSGÁLATI MÓDSZEREI ^[1]	4
<i>Direkt mérések</i>	4
<i>Távérzékelés</i>	5
2. A PLANETÁRIS HATÁRRÉTEG MAGASSÁGÁNAK MEGHATÁROZÁSA ^[4]	6
MEGHATÁROZÁS PROFIL ADATOKBÓL.....	6
<i>Richardson szám</i>	6
<i>Bulk Richardson szám</i>	6
SZONDAFELSZÁLLÁSOKBÓL SZÁMOLT PHR MAGASSÁG	7
AZ AROME MODELL BEMUTATÁSA ^[5]	8
<i>Általában az AROME modellről</i>	8
<i>AROME modell jellemzői</i>	9
AZ AROME ÁTALAKÍTÁSA PHR MAGASSÁG MEGHATÁROZÁSÁRA	11
3. A VIZSGÁLT IDŐSZAK ADATAINAK VERIFIKÁLÁSA.....	13
A VERIFIKÁCIÓ LÉPÉSEI	13
AZ ADATOK VERIFIKÁCIÓJA.....	13
<i>Verifikáció - bevezetés</i>	13
<i>Területi átlagolás</i>	19
<i>Relatív hiba különböző szinoptikus változók függvényében, valamint a momentumfluxus és turbulens kinetikus módszereken alapuló előrejelzések összehasonlítása</i>	20
<i>Esettanulmányok ^[6]</i>	27
ÖSSZEFOGLALÁS	30
TOVÁBBI VIZSGÁLATOK	30
4. IRODALOMJEGYZÉK:.....	31

1. Bevezetés

A planetáris határréteg fogalma

A planetáris határréteg, vagy más néven atmoszférikus határréteg általában a talajhoz közeli légrétegeket jelenti, ahol a talaj hatása összemérhető a szabad légkör hatásaival. A planetáris határréteg azokat a szinteket jelenti, ahol jelentős a sűrűlés és turbulencia hatása. A planetáris határréteg hozzávetőlegesen a légkör alsó 1 vagy 2 kilométeres légrétegeit jelenti. Ezen légrétegekben érvényesül legerősebben a nappali órákban történő besugárzás, az éjszakai órákban történő radiációs hűlés, kisugárzás hatása és a talajfelszín szélsőségek módosító szerepe. A sűrűlés hatása felfelé haladva fokozatosan tűnik el, így a planetáris határréteg tetejének magasságát (ahol már nincs sűrűlés, szabad légkör van pontosan nem lehet meghatározni. A planetáris határréteg vastagságának napi menete van (1.ábra): nappal vastagabb, éjszaka pedig alacsonyabban van a teteje. Jellemző az éjszakai órákban, hogy a planetáris határréteg teteje környékén nagyobb szélsőségek fordulnak elő.



1. ábra, a planetáris határréteg napi menete

A PHR magasság vizsgálati módszerei [1]

Direkt mérések

Rádiszonda

A legelterjedtebb légkör-profil vizsgálati módszer, stabil helyeken, meghatározott időpontokban végeznek felszállásokat. Elsősorban nem a PHR magasság meghatározása a feladat, de minden további nélkül alkalmas adatokat szolgáltat erre a célra is. Széles körben hozzáférhető adatokat szolgáltat, formátuma könnyen feldolgozható. Hátránya, hogy az PHR-ben általában kevés (5-10) mérést végez, napi max. 2-4 alkalommal, így mind időben, mind vertikálisan kevés a mérési adat.

Rögzített ballon

A rögzített ballonok alkalmasabbak lennének a PHR vizsgálatához, azonban sokkal kevésbé kiterjedt a mérőhálózat és általában csak az alsó 500 méteren szolgáltatnak adatokat. Hátrány továbbá, hogy nehezen megoldható a különböző mérési pontokban történő egyidejű mérés és az adatok sem standardizáltak, mint a rádiószonda esetében.

Oszlopon rögzített érzékelők

Előnye, hogy sokféle érzékelőt alkalmazhatunk, részletes adatokat kaphatunk, folytonos működésűek és jó felbontású méréseket tesznek lehetővé. Hátránya az óriási telepítési költség (a magassággal hatványozottan nő) valamint csak a légkör alsó 300m-ről szolgáltat információt.

Repülőgépes mérések

Egy ember által vezetett, vagy távirányítású repülőgépre érzékelőket telepítünk és repülés közben rögzíthetjük az adatokat. Előnye, hogy sokféle szenzor telepíthető, nagy

felbontású mérések készíthetőek, viszonylag nagy térségben. Hátránya, hogy nagyon drága, lényegében csak nappal alkalmazható, és a légkör alsó részében végzett repülések veszélyesek.

Távérzékelés

Doppler radar, wind profiler

A meteorológiai radarok által szolgáltatott adatok is felhasználhatóak a PHR magasságának meghatározásához. A PHR-ben magas az aeroszol koncentráció, így ennek mérésénél a nagy gradiens jelezheti a planetáris határréteg határát. Előnye, hogy repülőgépen és talajról is használható és folytonos működésű. Hátránya a magas telepítési költség, erre a célra kis hatótávolságon nem használható (200m), vertikális felbontása korlátolt, és kis aeroszol koncentráció esetén nem tud mérni. A Magyarországon működő wind profilerek sajnos nem alkalmasak a PHR magasság mérésére.

Lidar

A LIDAR lézersugarakat kibocsátó eszköz, amely a visszaverődés idejéből számítja ki a bemért tárgy távolságát és sebességét. Előnye, hogy repülőgépre és talajra is telepíthető, a nagy sűrűségű mérési mintavétel. Hátránya a magas költség, a korlátozott vertikális felbontás, valamint hogy biztonsági okokból nem működtethető folyamatosan és aeroszol hiányában nem képes meghatározni a PHR magasságát.

Sodar

A SODAR által kiadott hallható rövid hangimpulzusok a légkör különböző magasságban áramló levegőrétegeiről eltérő időtartam alatt verődnek vissza. Előnye, hogy viszonylag olcsó, automatikusan működtethető, nagy felbontású. Hátránya a kis hatótáv (max 1000m) és az érzékenység a környezeti zajokra.

2. A planetáris határréteg magasságának meghatározása^[4]

Meghatározás profil adatokból

A szondafelszállásból származó adatokból felhasználjuk a hőmérsékletet, harmatpontot, nyomást, szélirányt, szélsébséget.

Richardson szám

A Richardson szám egy dimenzió nélküli mennyiség, amely széles körűen alkalmaznak a turbulencia leírására, valamint a turbulens és nem turbulens áramlások elkülönítésre. Képlete:

$$R_f = \frac{\frac{g}{\Theta_v} \overline{w'\Theta'}}{\overline{u'w'} \frac{\partial U}{\partial z} + \overline{v'w'} \frac{\partial V}{\partial z}}$$

ahol U és V horizontális szélkomponensek, u', v', w' perturbációs szélkomponensek, g a nehézségi gyorsulás, θ a potenciális, θ_v a virtuális potenciális hőmérséklet, z a tengerszint feletti magasság,

Bulk Richardson szám

A bulk Richardson számot direkt PHR magasság vizsgálatára módosították az eredeti összefüggés alapján. A PHR magasság meghatározásához általában a határszám 0,33 stabil és 0,22 az instabil helyzetekben. Képlete:

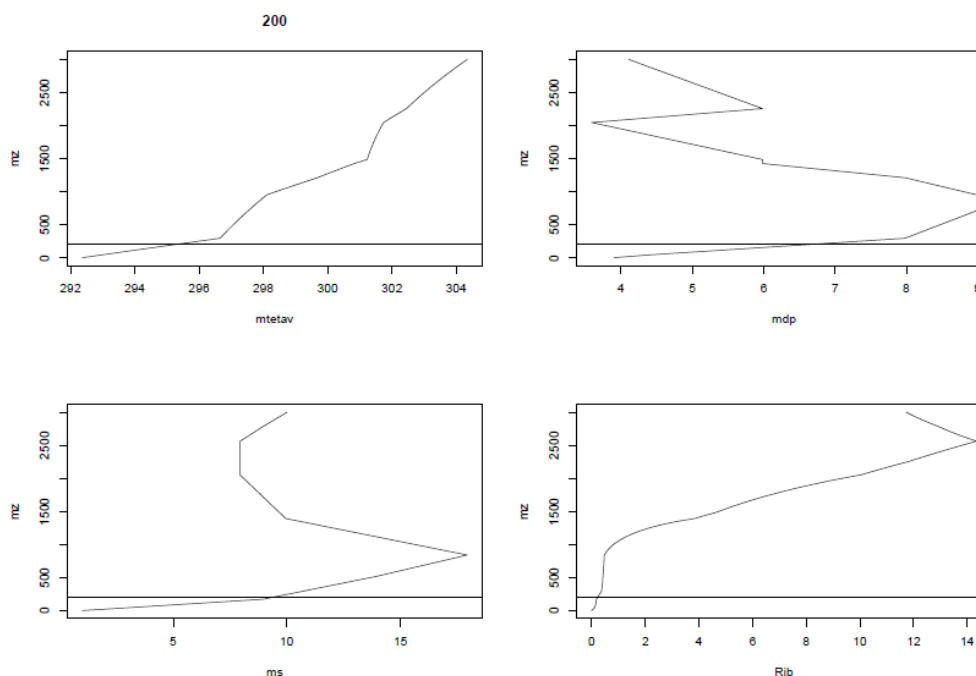
$$Ri_b = \frac{gz(\Theta_{v,z} - \Theta_{v,surf})}{\overline{\Theta_v}(\overline{U_z^2} + \overline{V_z^2})}$$

ahol $\theta_{v,surf}$ a felszín közeli réteg virtuális potenciális hőmérséklete

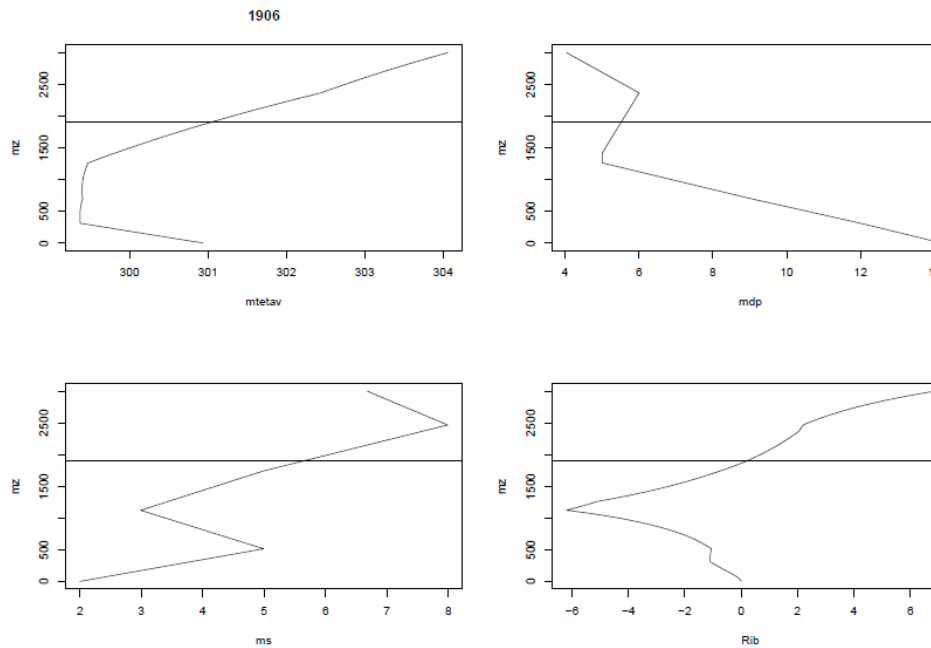
Szondafelszállásokból számolt PHR magasság

A vizsgált időszakra rendelkezésre állnak a szondaadatok, netCDF formátumban. Az adatokat feldolgozó script R- nyelvben íródott, mivel ez egy nagyon rugalmas, ingyenes script nyelv rengeteg kiegészítő lehetőséggel (pl. a netCDF fájlok feldolgozhatósága). Témavezetőm egy korábbi programját véve alapul elkészítettem egy scriptet, amely egy meghatározott szondafelszállás profiljából számolja ki a bulk Richardson számot. A szondafelszállásoknál egyrészt vannak szignifikáns, és ún. kötelező szintekre vonatkozó adatok. A nehézséget az adta, hogy a szélre vonatkozó szignifikáns szintek nem egyeztek meg a hőmérsékletre vonatkozó szintekkel, ezért lineáris interpolációt alkalmaztam. A program ellenőrzését a potenciális hőmérséklet, a relatív nedvesség és a bulk Richardson profiljának együttes ábrázolása tette lehetővé, ahol láthatóvá vált, hogy a program jól adja-e a PHR magasságot (2.3. ábra) (Ez ott történik ahol a Richardson szám eléri a 0,33-as értéket). Ezután a program kis átalakításával egy mappában lévő összes fájlt fel tudja dolgozni, csv fájlban rögzítve a PHR magasságokat.

A következő diagramokon a szondafelszállások különböző profiljait láthatjuk, a kép tetejéről leolvasható szám a számolt PHR magasság méterben.



2. ábra, Tipikus éjszakai helyzet (mz: magasság [m], mtetav: potenciális virtuális hőmérséklet [K], mdp harmatpont deficit [K], ms: szélsebesség [m/s], Rib: bulk-Richardson szám [1]) (időpont: 2011-06-02 00UTC)

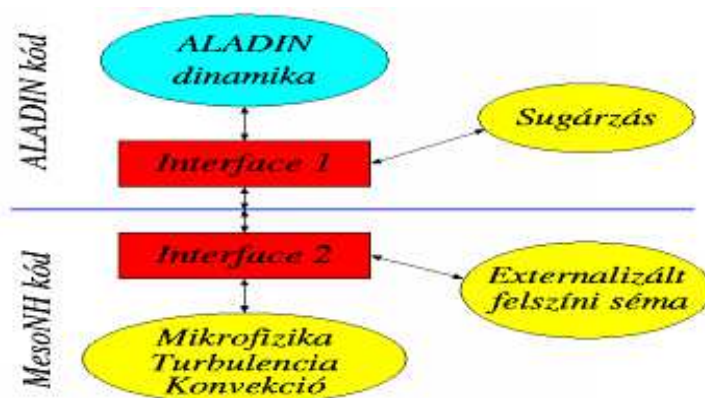


3. ábra, Tipikus nappali helyzet. (időpont: 2011-06-02 12UTC)

Az AROME modell bemutatása^[5]

Általában az AROME modellről

Az AROME modell egy nem-hidrosztatikus mezoskálájú numerikus előrejelző modell, amely igen fejlett fizikai parametrizációs csomaggal rendelkezik. Az AROME projektet 2000-ben indították a Météo-France-ban, amikor felmerült az igény egy nagy felbontású, korlátos tartományú modell kifejlesztésére, amely elsősorban ultra rövidtávú előrejelzések készítésére szolgálna. 2002-ben végül megszületett a döntés, hogy az AROME modell az ALADIN modell nem-hidrosztatikus dinamikájából és a MESO-NH kutatói modell fizikai parametrizációs csomagjából álljon. Az adatasszimilációs eljárashoz szintén az ALADIN modellben már működő 3d-var eljárást tervezték használni.



A két alkalmazott modell egyesítésének sematikus ábrája

A döntés megszületése után megtörtént a modell prototípusának a kifejlesztése, amely felvetett sok technikai, illetve elméleti problémát is, mivel a két alkalmazott modell (ALADIN, MESO-NH) sok tekintetben különbözik egymástól. A két modell kombinálásánál az elsődleges szempont az volt, hogy a lehető legkevesebb változást kelljen tenni a már meglevő forráskódokban, így elsősorban úgynevezett interface rutinok kidolgozása volt a cél, amellyel a két modell egyesíthető. Az AROME modellt jelenleg párhuzamosan fejlesztik az ARPEGE/ALADIN modell rendszerrel, illetve a MESO-NH modellel. Ez azt jelenti, hogy az AROME modell forráskódja az ARPEGE/ALADIN forráskódba került bele, így az évenként kétszer sorra kerülő phasing - kutatások/fejlesztések beépítése az operatív kódrendszerbe - során ez a modell is frissítésre kerül.

AROME modell jellemzői

Az AROME egy korlátos tartományú, spektrális, nem-hidrosztatikus modell, amely Szemi-Lagrange advekciós sémát és két időlépéses szemi-implicit idősémát használ. A korlátos tartomány miatt határfeltételek figyelembevétele szükséges a futtatáshoz, a csatoláshoz a Davies féle sémát használja. A nem hidrosztatikus dinamika a nagy horizontális felbontás miatt szükséges, hiszen ezen a felbontáson már nem érvényes a feltételezés, hogy a vertikális sebesség időbeli változása elhanyagolható. A nem hidrosztatikus dinamika alkalmazása miatt új prognosztikai változók bevezetésére van szükség: w (vertikális sebesség), illetve p (nem-hidrosztatikus nyomás).

A MESO-NH modellből 4 parametrizációs eljárás került adaptálásra:

Mikrofizika

5 prognosztikus változó került bevezetésre, melyek a vízgőz, felhővíz, felhőjég, eső, hó, graupel, és később lehetőség van a jégeső bevezetésére is. A modell megkülönböztet úgynevezett meleg-felhő, illetve kevert fázisú mikrofizikai folyamatokat. A meleg-felhő folyamatok az autokonverzió, a növekedés, a párolgás, és az ülepedés. A kevert fázisú folyamatok közül bevezetésre került a nukleáció, a jégkristály autokonverzió, az aggregáció, az esőcsepp fagyás, a zúzmarásodás, az olvadás, a lerakódás, a Bergeron-Findeisen effektus, valamint a jégkristályok ülepedése.

Felszíni folyamatok parametrizációja

A modell 4 féle felszíntípust különböztet meg, a tengert, a tavat, a természetet és a várost. Az AROME természetes talaj felett 3 rétegű ISBA sémát, városok felett TEB (Town Energy Budget) sémát alkalmaz. Az AROME által parametrizált város 2 falból, tetőből és egy úttestből áll. A felszíni séma externalizált, amely azt jelenti, hogy (strukturálisan) teljesen elkülönül a légköri modelltől, csupán légköri kényszerek (sugárzás, felszíni hőmérséklet, szél, relatív nedvesség) szükségesek a futtatásához.

Turbulencia

A MESO-NH modellben 3dimenziós turbulens sémát alkalmaznak, de az AROME csak 1dimenziós (vertikális) tagot vesz figyelembe, mert 1km felbontás felett a horizontális turbulens fluxus gradiense elhanyagolható. A turbulens kinetikus energia meghatározására prognosztikus egyenletet használ, a többi (nem-izotróp) másodrendű momentumot diagnosztizálja. Másfeled rendű lezárást tartalmaz, amely a keveredési hossz számolásán alapszik. A konvekció parametrizálásra a 2,5 km felbontáson nincs szükség, hiszen ennél a felbontásnál explicit leírjuk a felhőkben lezajló folyamatokat (nagy-skálájú folyamat), ám az AROME modell futtatható kisebb (pl. 10 km) felbontáson is, amelyen viszonylag már parametrizálni kell a konvektív folyamatokat. Ez a parametrizáció a Fritsch Chapell féle lezáráson alapszik, amely azt jelenti, hogy a CAPE egy megfelelően választott időperiódus alatt eltűnik a rácsdobozból.

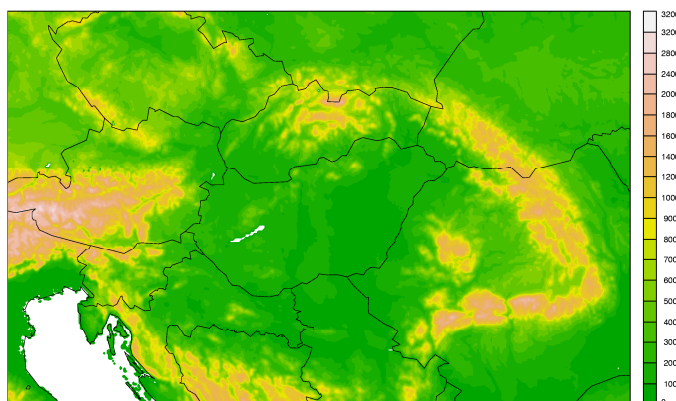
Sugárzás

Jelenleg az ECMWF féle (Morcrette) sugárzási sémát használja

Kezdeti és peremfeltételek előállítása

A modell futtatáshoz határfeltételekre, és kezdeti feltételekre van szükségünk. A határfeltételeket vagy az ARPEGE globális, vagy az ECMWF/IFS modellből, vagy egy nagyobb tartományon futtatott ALADIN előrejelzésből nyerhetjük az ALADIN 927-es konfigurációja segítségével (amely lényegében egy interpolációt jelent a bemeneti geometriáról a végső AROME geometriára). A magas légköri mezőket tartalmazó kezdeti fájl szintén a 927-es konfigurációval interpolált ALADIN vagy ARPEGE fájl lesz. Az externalizált felszíni séma azonban egy külön kezdeti fájl igényel. Az interpolációhoz szükségesek fiziográfiai mennyiségeket (albedo, talaj típus, orográfia, stb.) tartalmazó fájlok is (az év minden hónapjára egy), amelyet szintén egy MESO-NH eljárással kell elkészíteni. Ezen fájlokat egy adott tartományra csak egyszer kell létrehozni, tehát ezek függetlenek a

futtatás időpontjától.

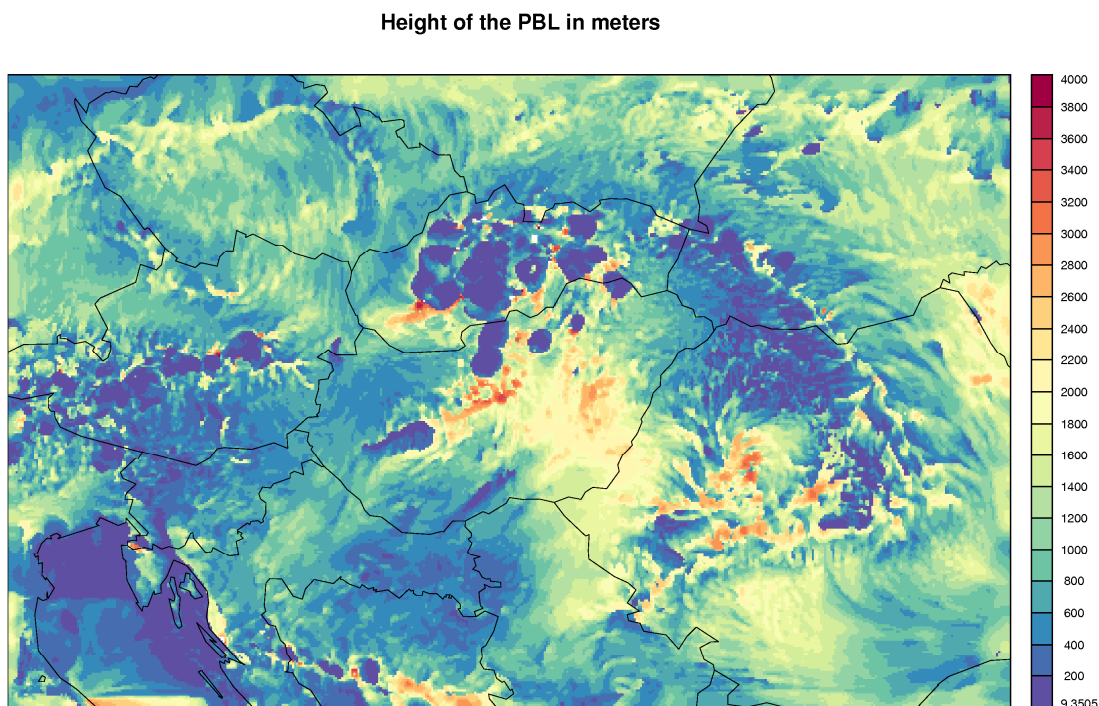


4. ábra, Az AROME modell az OMSZ-nál operatíván használt tartománya

Az AROME átalakítása PHR magasság meghatározására

A planetáris határréteg magasság meghatározása fontos feladat, hiszen a szennyezőanyag terjedési modellek, mint pl. a Chimere, a FLEXPART, AERMOD modellek bemenő változóként használják a planetáris határréteg magasságát. Az OMSZ-nál használatban lévő AROME modell (35.ös ciklus) csak egy PHR magasságot tartalmaz, amely a momentumfluxus profiljának vizsgálatán alapszik. A hamarosan bevezetésre kerülő új verzió, a 36.-os ciklus azonban tartalmaz egy turbulens kinetikus energia alapján számolt PHR magasságot is. Mivel az új ciklus vizsgálatom idején nem volt futtatható állapotban, ezért az operatív változatba vezettem be az új változót. A változó bevezetését a „USER’S GUIDE TO

ADD NEW SURFACE VARIABLES OR NEW SURFACE ATTRIBUTES IN ARPEGE/IFS, ALADIN, AROME: CYCLE 35.” leírás alapján, valamint témavezetőm korábbi tapasztalataira támaszkodva hoztam létre. Az operatív modelltől ez a változat (ún. pack) csak ebben tér el. A fő problémát az adja, hogy az AROME modellből származó PHR magasság nem a Richardson számból adódik, hanem a turbulens kinetikus energiából származik. Ezen két számítási metódus különbségét még vizsgálni kell, ezért meg kell majd ejteni a pszeudoszonda felszállások vizsgálatát is, de ez nem lesz probléma, hisz a modell kimenetét már vizsgálni tudom a korábban a szondafelszállásokra írt programmal. Felmerült, hogy az OMSZ-nál futó más modellek (pl. WRF, ECMWF) PHR magasságát is vizsgáljuk, azonban PHR magasság nem szerepel mindig a modell kimenetekben, vagy nem kerül archiválásra így később nem hozzáférhető. Az archívumból általában nem visszakereshető a PHR magasság, vagy a TKE Megoldás lehet egy a modellekkel egy időpontban futó script, amely ezen adatokat kigyűjti, vagy a modell profil adataiból a bulk-Richardson számmal kiszámolja



5. ábra, Az új TKE-alapú modellváltozó ábrázolása

3. A vizsgált időszak adatainak verifikálása

A verifikáció lépései

A rádiószonda adatokat a korábban vázolt módszerrel kiszámítottam és elmentettem. A létrehozott operatív modellen alapuló modellverziót (ún. packot) lefuttattam a OMSZ IBM szuperszámítógépén 104 magon, 2011 január és június hónapokra. Határfeltételekként az ALADIN modell archivált eredményeit használtam, 3 órás csatolással. A modell kimenetét 00 és 12 UTC-s időpontban minden változóval együtt mentettem FA fájl formátumban. Majd az R program egy kiegészítő csomagjának segítségével az így kapott FA fájlokban megkerestem az egyes rádiószonda állomásokra vonatkozó rácspontokat, ezeknél kiolvastam a PHR magasságot és a déli és éjféle PHR magasságokat elmentettem. Így már a rádiószonda mérésen alapuló PHR magassággal összehasonlítható adatsorokat kaptam. amiknek kiszámoltam az abszolút relatív hiba várható értékét, a korrelációt az adatsorok között, valamint scatter plotot készítettem. Majd az adatokat különböző szempontok szerint különválogattam.

Az adatok verifikációja

Verifikáció - bevezetés

Vizsgálataimat a momentumfluxuson és a turbulens kinetikus energián alapuló PHR magasság összehasonlításával kezdtem. A mért adatok 2011 január és június hónap szondaadatai a következő szinoptikus állomásokról:

Poprad (11952),

Budapest (12843),

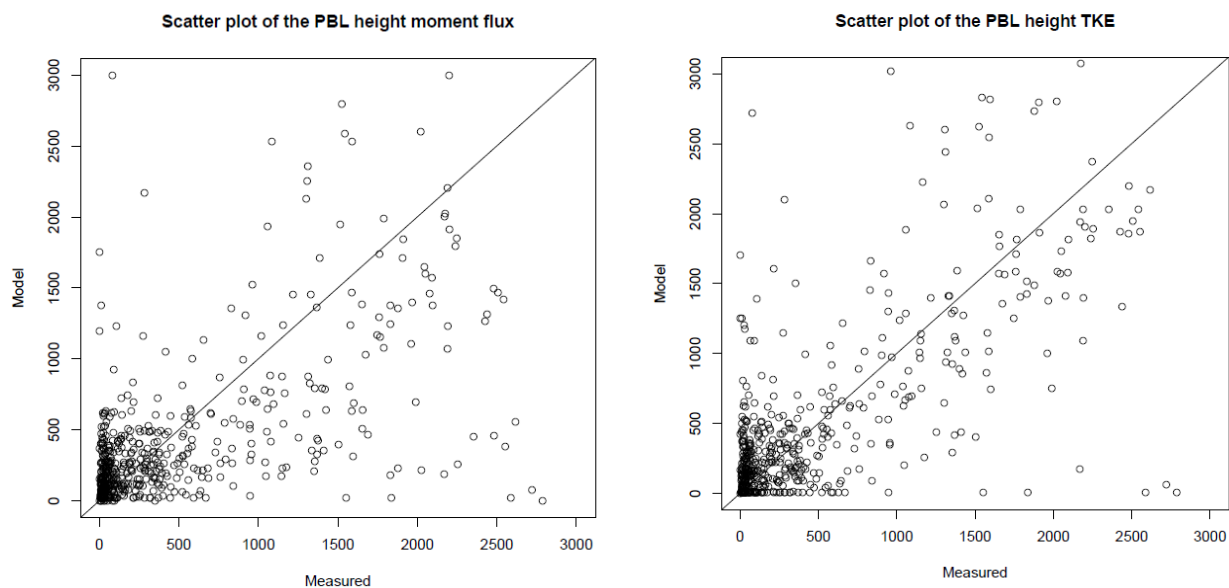
Szeged (12982)

Belgrád (13275)

Zágráb (14240)

Kolozsvár (15120)

Scatter ploton (6.ábra) ábrázoltam a rádiószonda adatok függvényében a modell adatait, a 45°-os egyenes itt a tökéletes megfelelést jelöli.



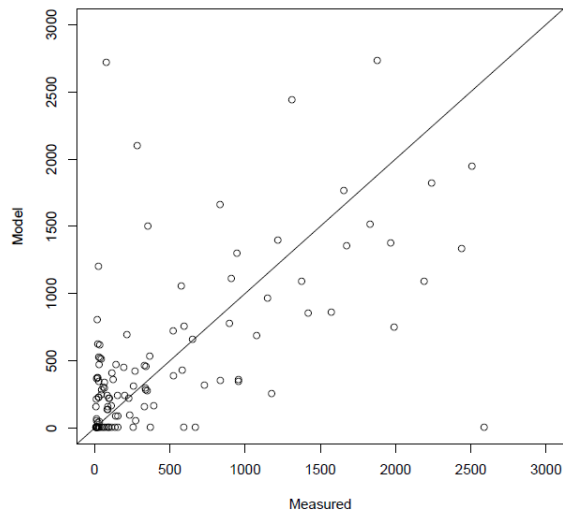
6. ábra, A momentumfluxus és a TKE alapján számolt modellváltozók összehasonlítása

Momentumfluxus	TKE
299,9% átlagos relatív hiba	296,9% átlagos relatív hiba
0,625 korreláció	0,706 korreláció

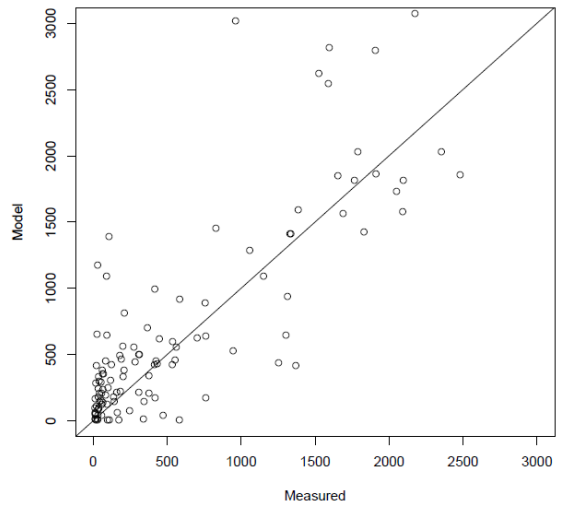
Látható tehát, hogy a turbulens kinetikus energián alapuló PHR magasság meghatározó módszer jobb korrelációt mutat, és kisebb relatív hibával rendelkezik, mint a momentumfluxus segítségével számolt. Az átlagos relatív hiba igen nagy, ezért jobban megvizsgáltam az adatokat. A relatív hibák mediánja 73% illetve 66%, így látható, hogy néhány kiugró érték okozza a nagy hibát. Ha ezeket az óriási (több ezer %-os) hibákat valamilyen módon ki tudjuk szűrni, radikálisan javul a PHR előrejelzés.

Az adatokat ezután állomásonként válogattam külön. Felhívom a figyelmet, hogy a szegedi (12982) és a kolozsvári (15120) állomásokon csak éjszakai folyik mérés, és a korábban tárgyalt PHR napi menet itt megmutatkozik, csak kisebb értékeket találunk.

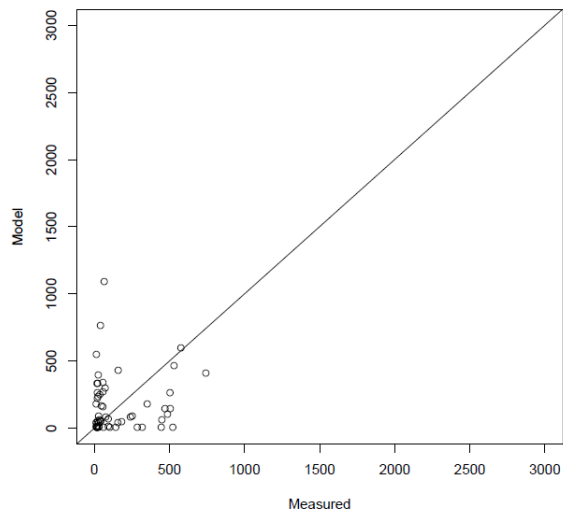
11952 Scatter plot of the PBL height



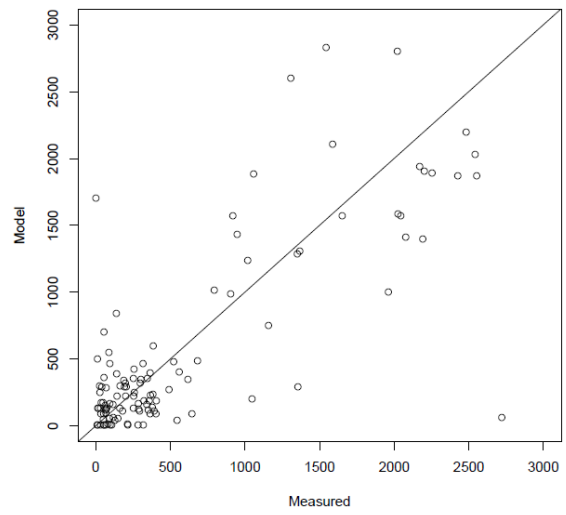
12843 Scatter plot of the PBL height



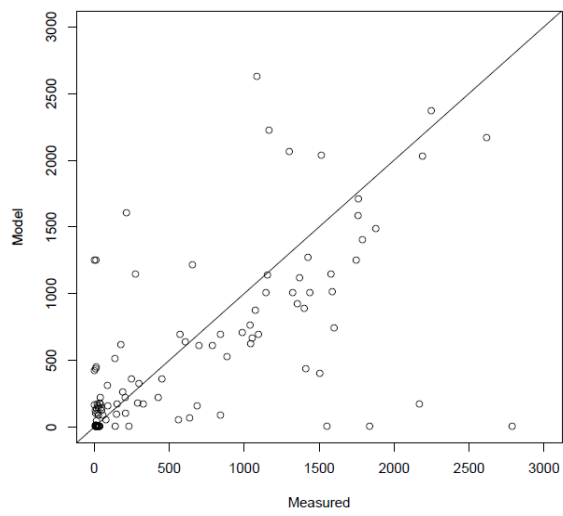
12982 Scatter plot of the PBL height



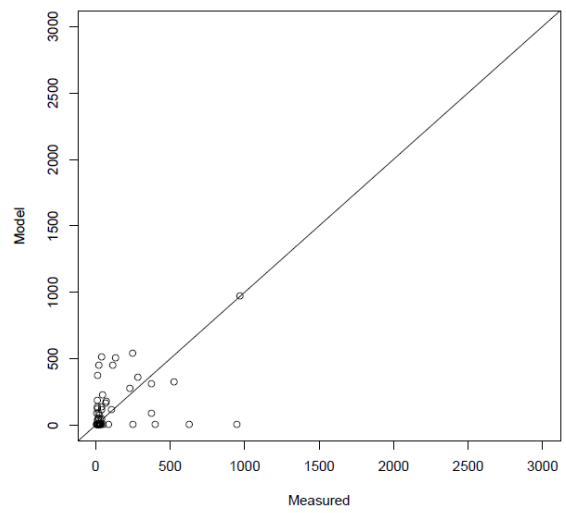
13275 Scatter plot of the PBL height



14240 Scatter plot of the PBL height



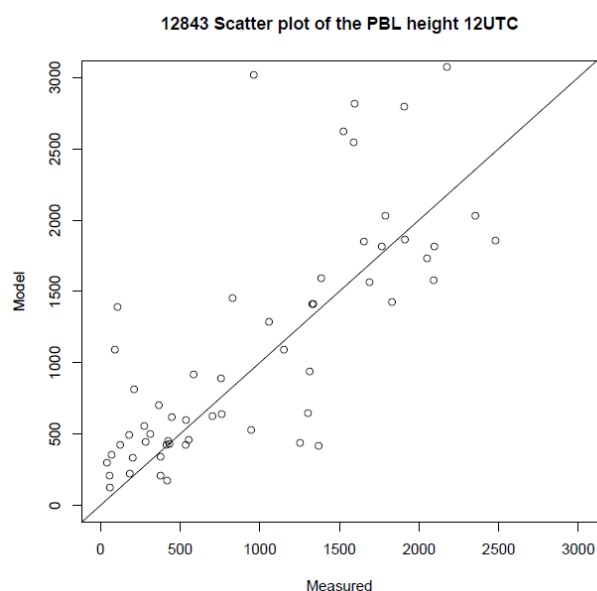
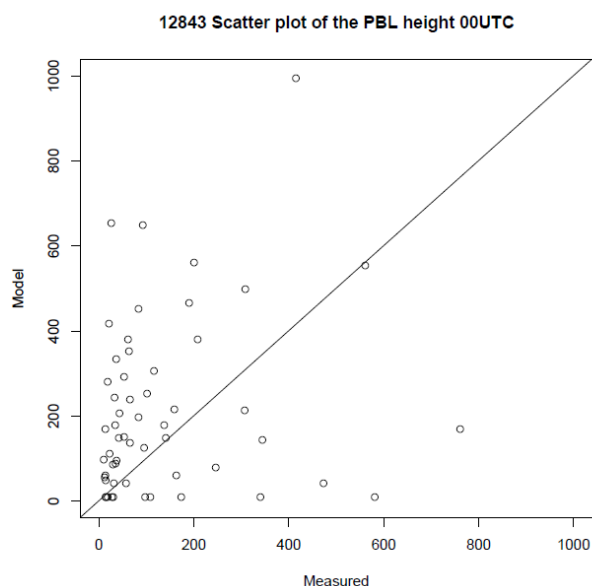
15120 Scatter plot of the PBL height



Tekintsük az abszolút relatív hiba átlagát a különböző állomásokon.

Station	Abs.Rel.Error	Correlation
11952	393.6961	0.5986284
12843	281.3757	0.7326439
12982	400.2517	0.1019552
13275	163.5607	0.7848757
14240	300.4146	0.6090304
15120	316.3203	0.4028202

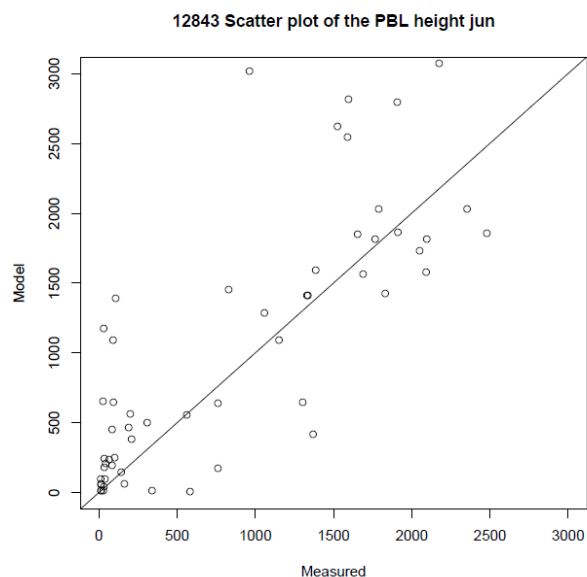
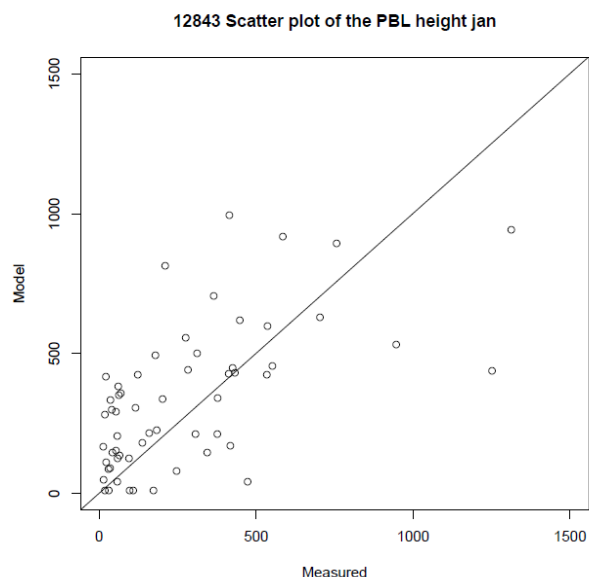
Látható, hogy azok az állomások, ahol nappali felszállásokat is végeznek, jobb mutatókkal rendelkeznek. Ez elvezet a következő lépéshez a szétválogatásban. Válasszuk szét a 12UTC-s és a 00 UTC-s adatokat az olyan állomásokon, ahol mindkét időpontban végeznek felszállást. A következőkben csak a budapesti scatter plotokat fogom bemutatni, de természetesen a relatív hibát és korrelációt minden állomáshoz feltüntettem.



Station	Abs.rel.error (%)		Correlation	
	00UTC	12UTC	00UTC	12UTC
11952	576,490	118,606	-0,144	0,576
12843	335,608	169,608	0,118	0,614
12982	332,772	-	0,102	-
13275	155,700	65,454	-0,102	0,802
14240	445,654	49,709	0,069	0,596
15120	260,048	-	0,403	-

Az adatokból látható, hogy az AROME modell a délben történő szondafelszállások adataival jobban korrelál, abszolút relatív hibája is kisebb.

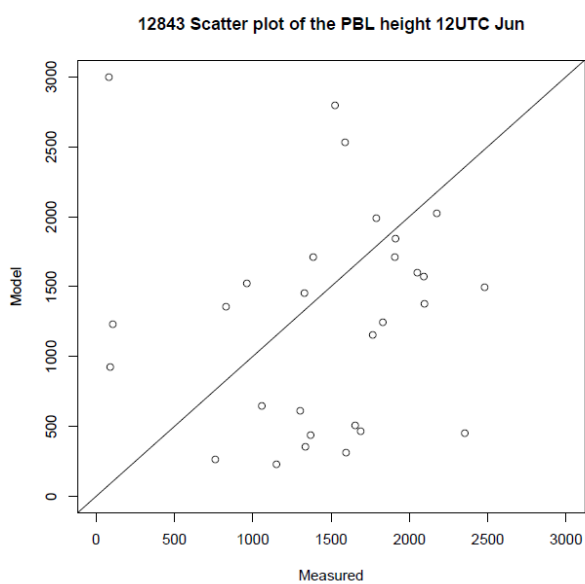
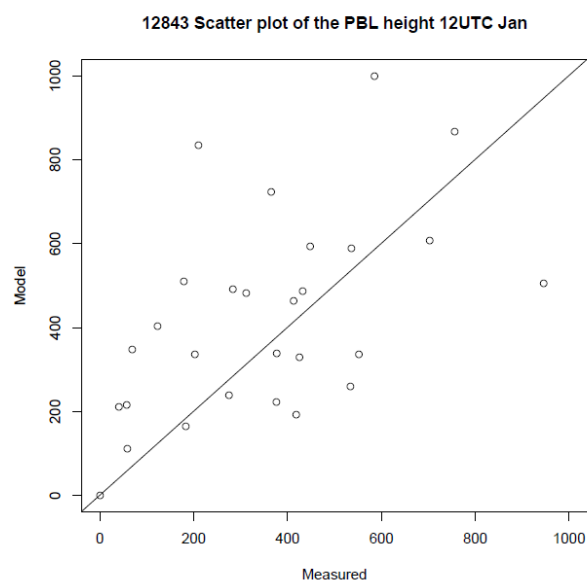
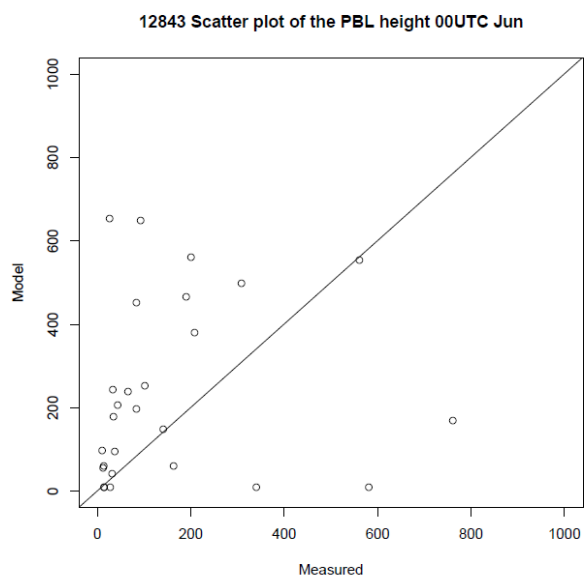
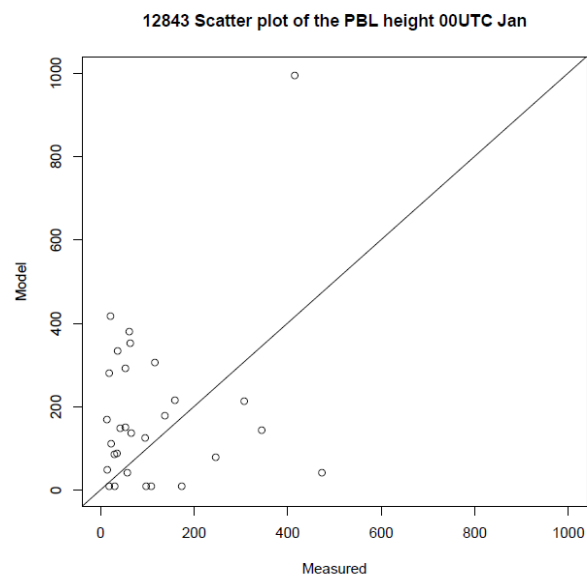
Tekintsük most a külön a januári és júniusi adatokat. A korrektség kedvéért most csak olyan állomásokot vizsgálunk, ahol déli és éjféli mérés is történik.



	Abs.rel.error (%)		Correlation	
Station	Jan	Jun	Jan	Jun
11952	253,998	433,065	0,120	0,631
12843	180,115	324,918	0,611	0,681
13275	187,143	36,110	0,319	0,758
14240	136,661	360,948	0,382	0,708

Felmerülhet a kérdés, hogy miből eredhetnek a nyári nagy relatív hibák. Ha jobban megvizsgáljuk az adatokat kiderül, hogy állomásonként 1-2 kiugró érték okozza őket. Ezek olyan napokhoz kapcsolódnak, amelyeken záporos csapadék volt, és a modell nem megfelelő időben jelezte előre azt. Belgrádban (13275) például 2011 júniusában nem fordult elő ilyen esemény és az abszolút hiba igen kicsi. Egy-két ilyen óriási hiba (~4000%) jelentősen elronthatja az amúgy igen jó átlagot.

Válogassuk most szét adatainkat mind januári-júniusi, mind 00-12 UTC alapján, csak Budapestre nézve.



	Correlation	Abs.rel.error [%]
Jan 00UTC	0,24	237
Jan 12UTC	0,55	101
Jun00UTC	0,68	276
Jun12UTC	0,09	284

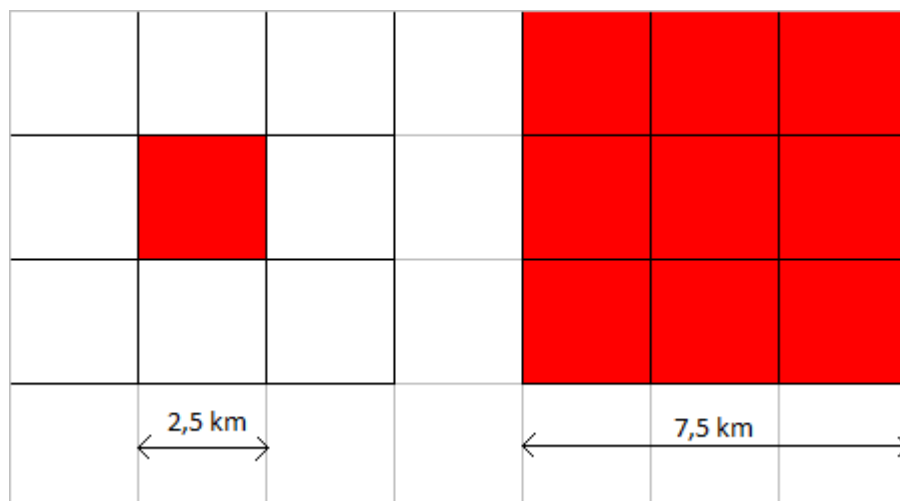
A június 12UTC-s felszállások korrelációja nagyon kicsi. Ez abból adódik, hogy ebben az időszakban vannak a már korábban említett kiugró adatok. Ha leválasztjuk a 3 legrosszabb eredményt (a legrosszabb 10%-ot), akkor a következő adatok adódnak

	Correlation	Abs.rel.error [%]
Jan 00UTC	0,26	161
Jan 12UTC	0,59	48
Jun00UTC	0,68	235
Jun12UTC	0,35	36

Látható, hogy a korreláció csak a júniusi 12UTC-s felszállásoknál változott nagyságrendileg, azonban a az abszolút relatív hiba hatalmasat javult a két 12UTC-s esetben. Fontos tehát megállapítanunk, milyen helyzetekben vét ilyen nagy hibákat a modell.

Területi átlagolás

Eddigi vizsgálataim során a PHR magasságot egy rácspontban vizsgáltam, azonban nézzük meg milyen előnyös tulajdonságai lehetnek a területi átlagolásnak. Vegyük a rádiószonda állomás körüli rácspontokat és számoljuk ki ezen pontok PHR magasság átlagát illetve mediánját. Az alábbi ábrán szemléltetem a területi átlagolást.



7. ábra, a) egy rácspont

b) 3x3 rácspont átlaga

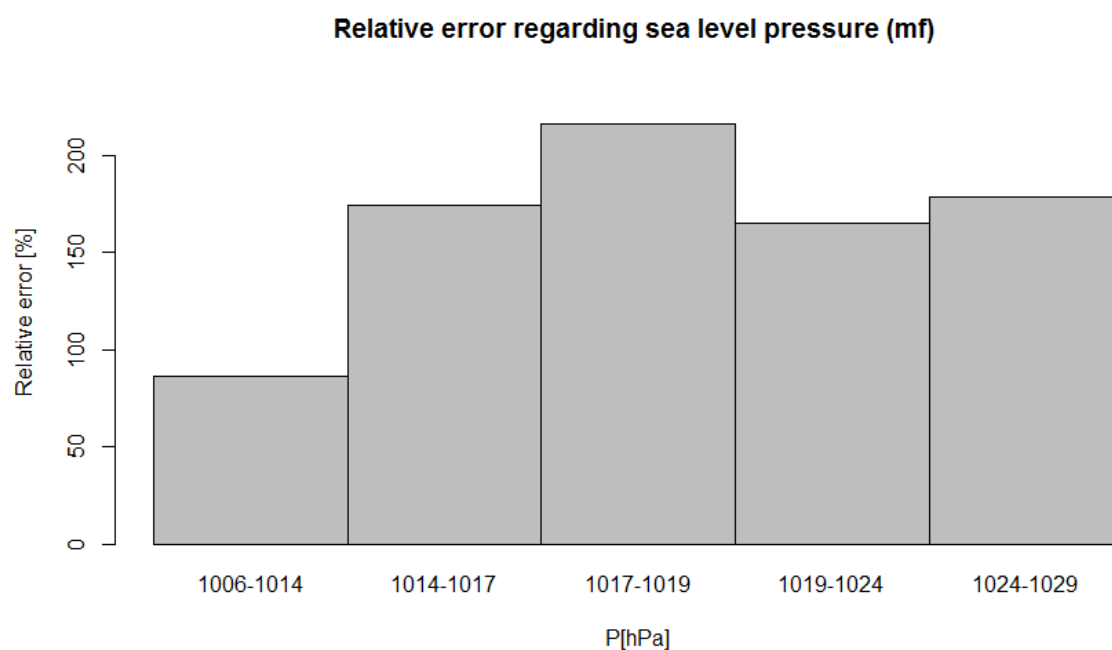
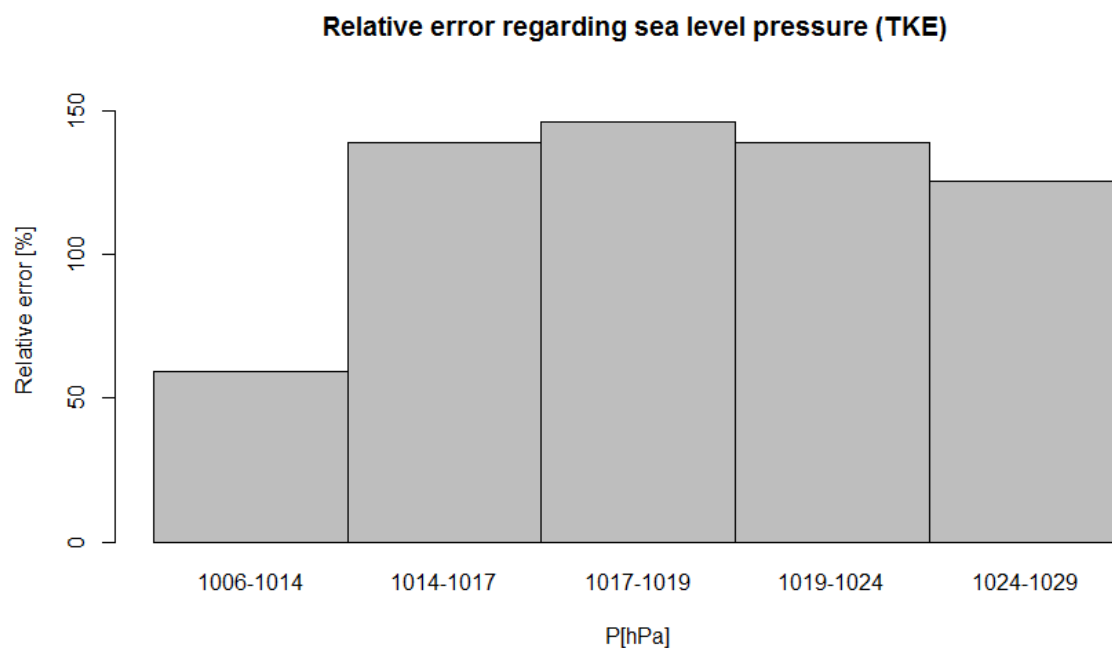
Vizsgáljuk meg a budapesti adatokon hogyan befolyásolja a relatív hiba nagyságát és a korrelációt ez a módszer.

	Rácspont	Területi átlag	Területi medián
Korreláció [1]	0,7468	0,7645	0,7497
Átlagos relatív hiba	224%	209%	210%

Látható, hogy mind az átlag, mind a medián javulást okoz mind a relatív hiba nagyságában és a korrelációban is. A további vizsgálataimban a területi átlagot fogom használni.

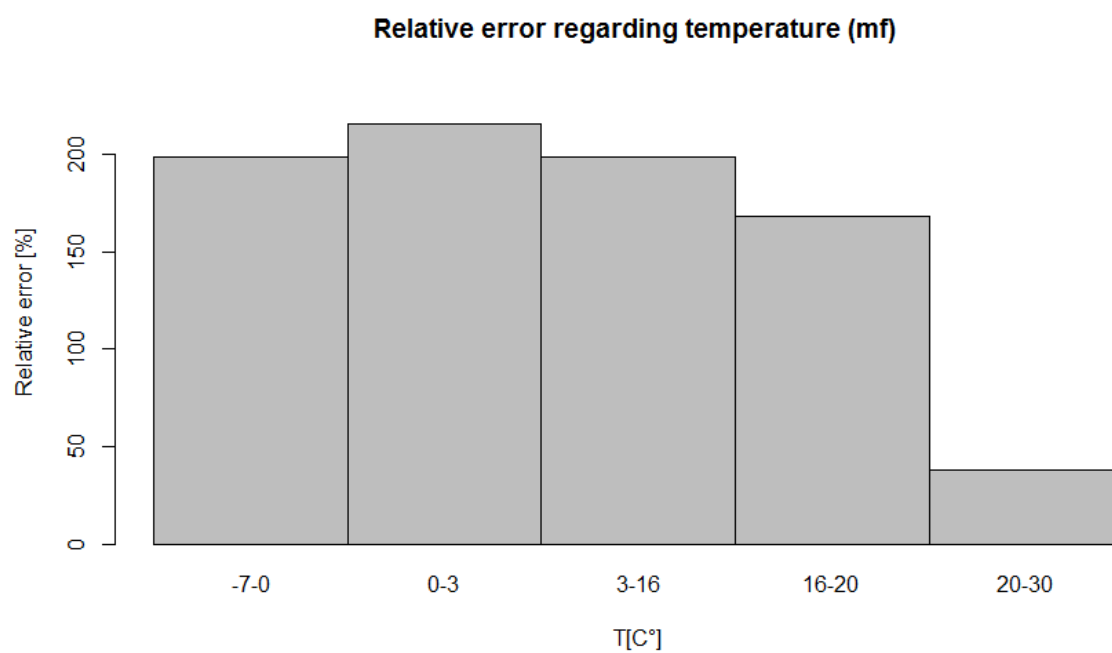
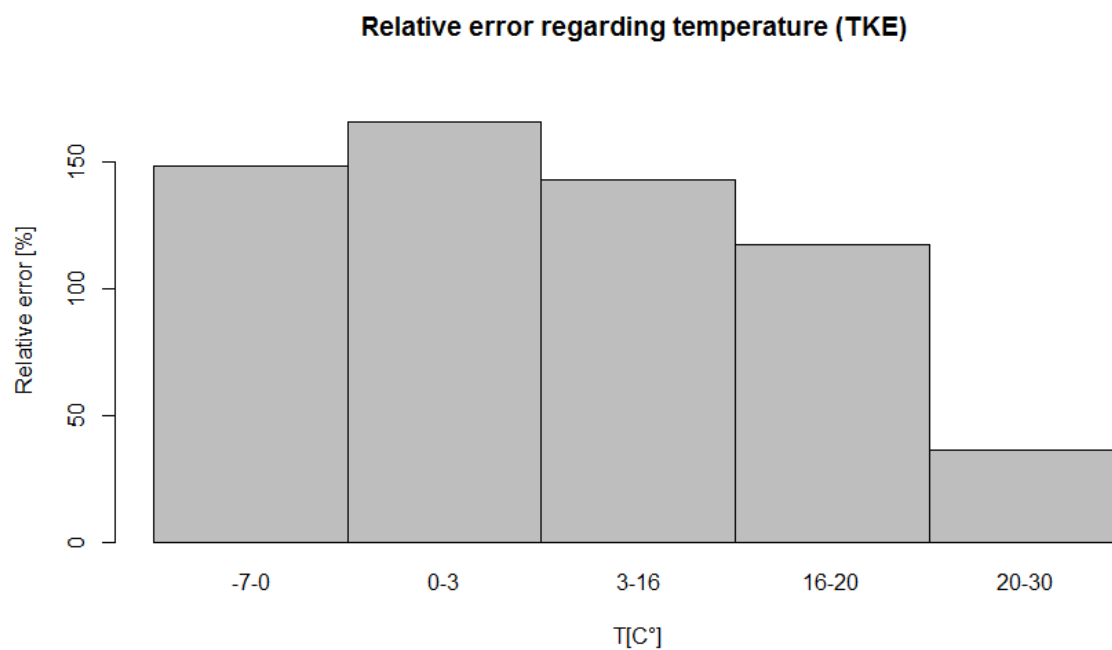
Relatív hiba különböző szinoptikus változók függvényében, valamint a momentumfluxus és turbulens kinetikus módszereken alapuló előrejelzések összehasonlítása.

Az alábbi vizsgálatok során a budapesti szinoptikus állomás adatait fogom felhasználni. A különböző szinoptikus változók szerint vizsgálom a relatív hiba nagyságát. A teljes mérési tartományt minden esetben öt intervallumra osztom, úgy, hogy az egyes intervallumokba egyenlő számú mérés (szám szerint 21) essen. Levágtam továbbá a legrosszabb 5%-ot.



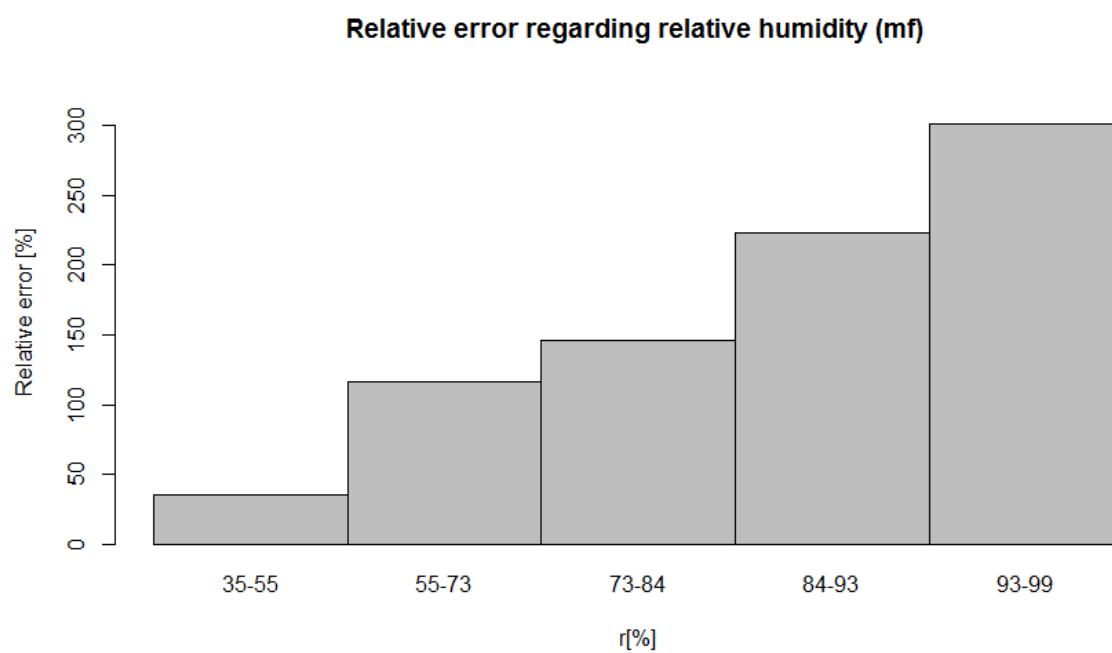
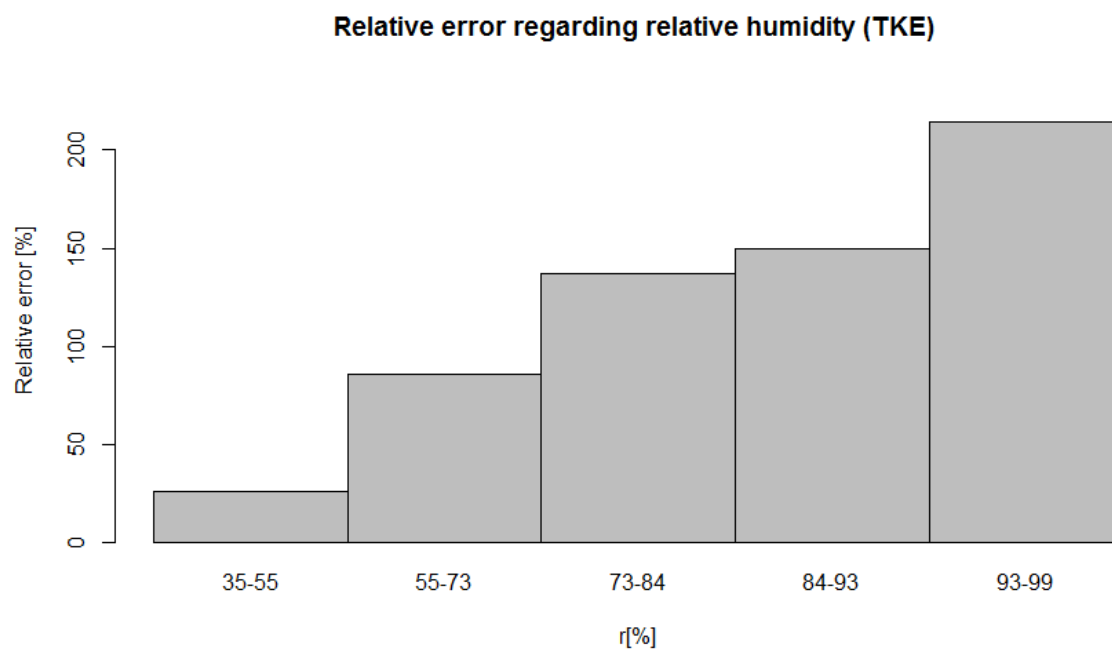
8. ábra, Abszolút relatív hiba a tengerszintre átszámított légnyomás függvényében

Látható, hogy alacsony nyomásnál adja a legjobb előrejelzéseket, a két módszer nagyjából hasonló eloszlást követ, a momentum fluxus módszer egy kisebb minimumot is mutat a 1019-1024 hPa -os intervallumban



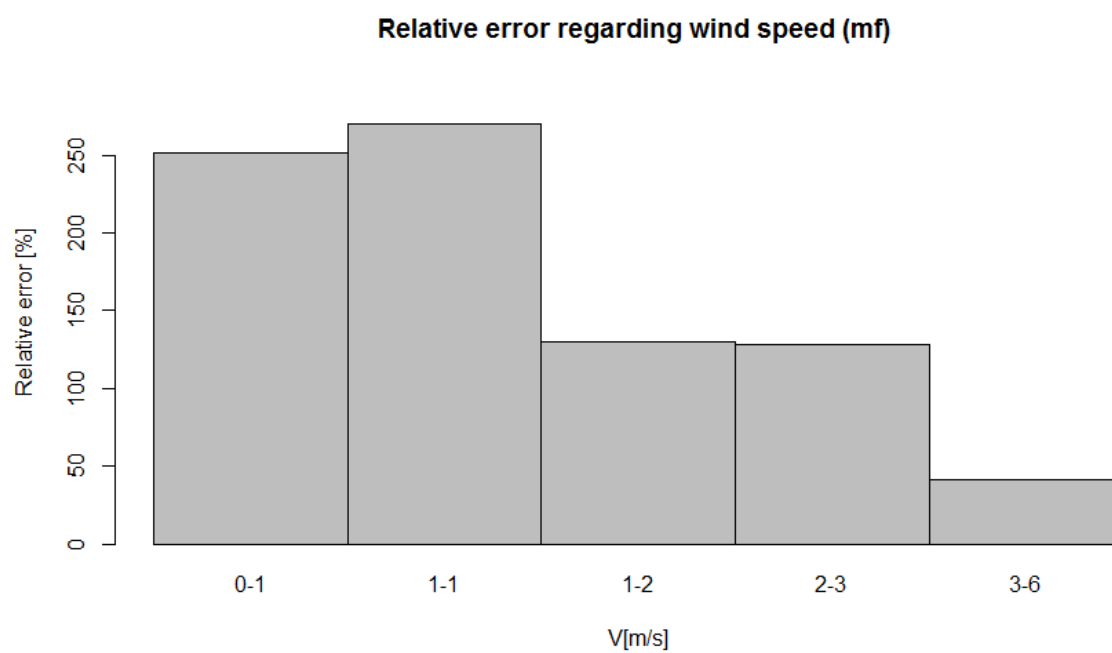
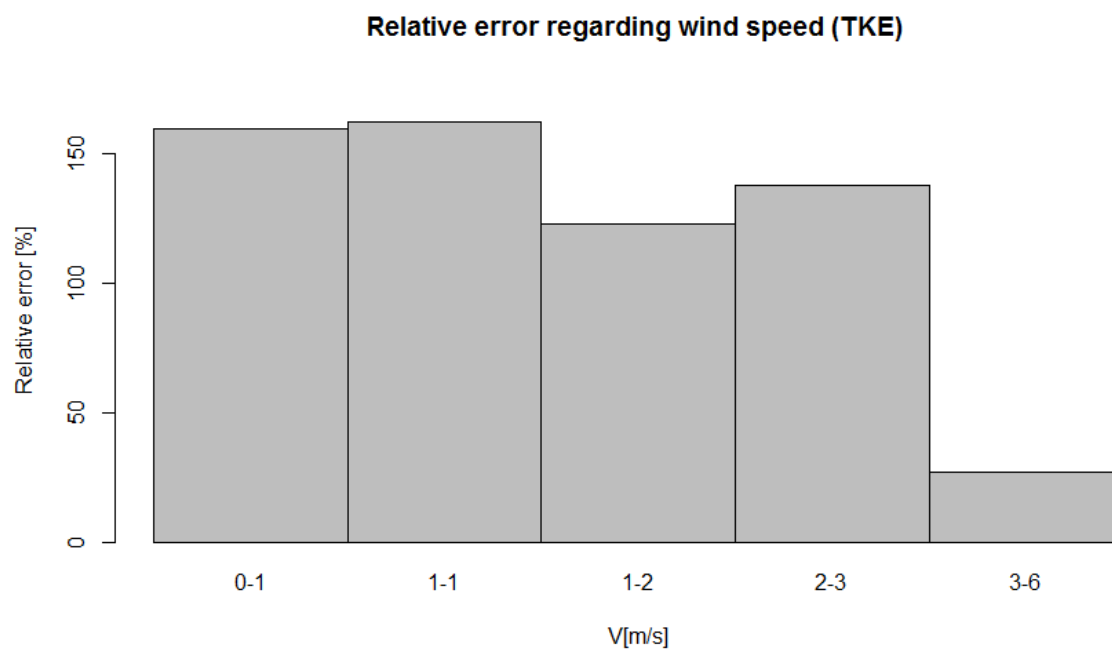
9. ábra, abszolút relatív hiba a felszíni hőmérséklet függvényében

A feldolgozott adatok alapján a modell a legnagyobb felszíni hőmérsékletű esetekben adja a legjobb eredményeket. Lényegi különbség nincs a turbulens kinetikus energián és a momentumfluxuson alapuló módszerek között.



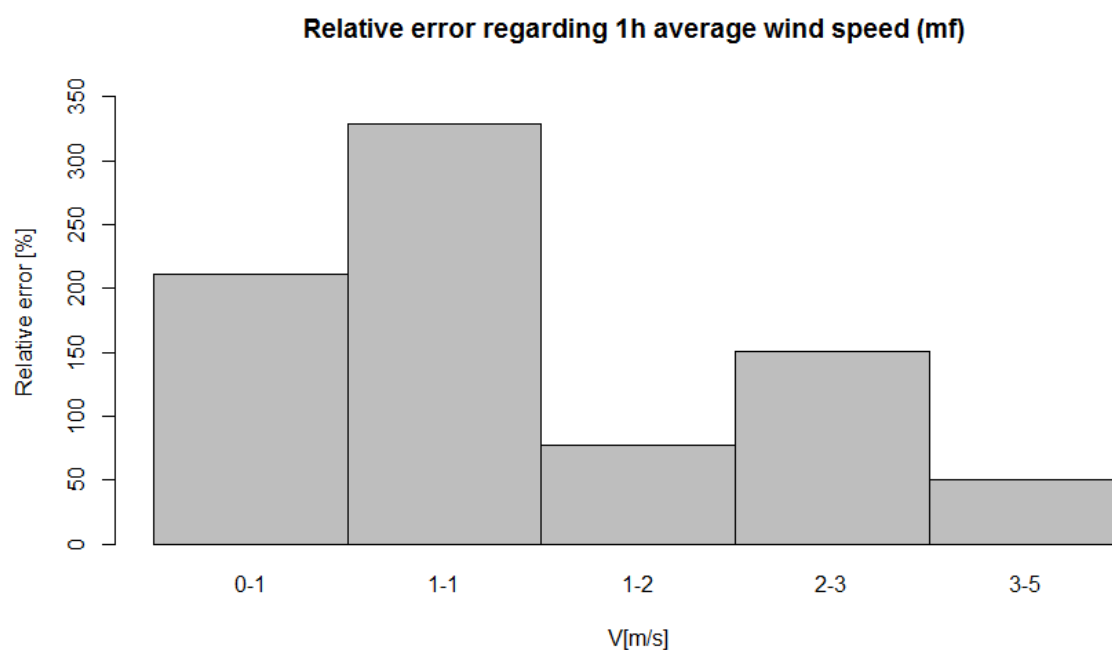
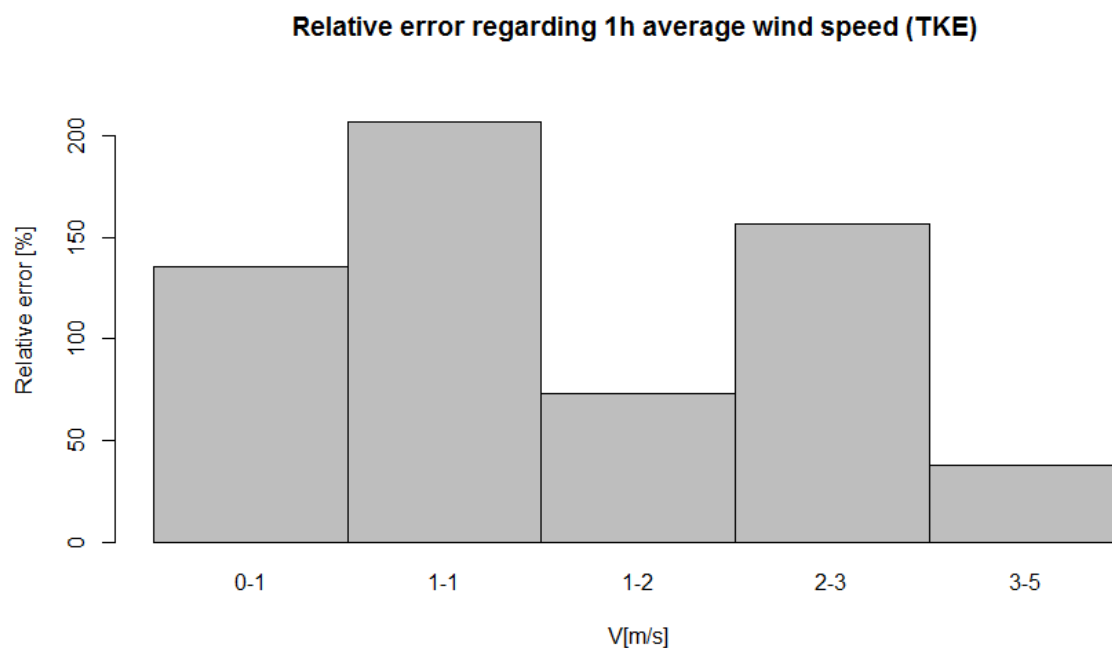
10. ábra, abszolút relatív hiba a relatív nedvesség függvényében

Egyértelműen látható, hogy a relatív nedvesség növekedésével nő az abszolút relatív hiba nagysága is. A momentumfluxus módszer gyorsabban romlik.



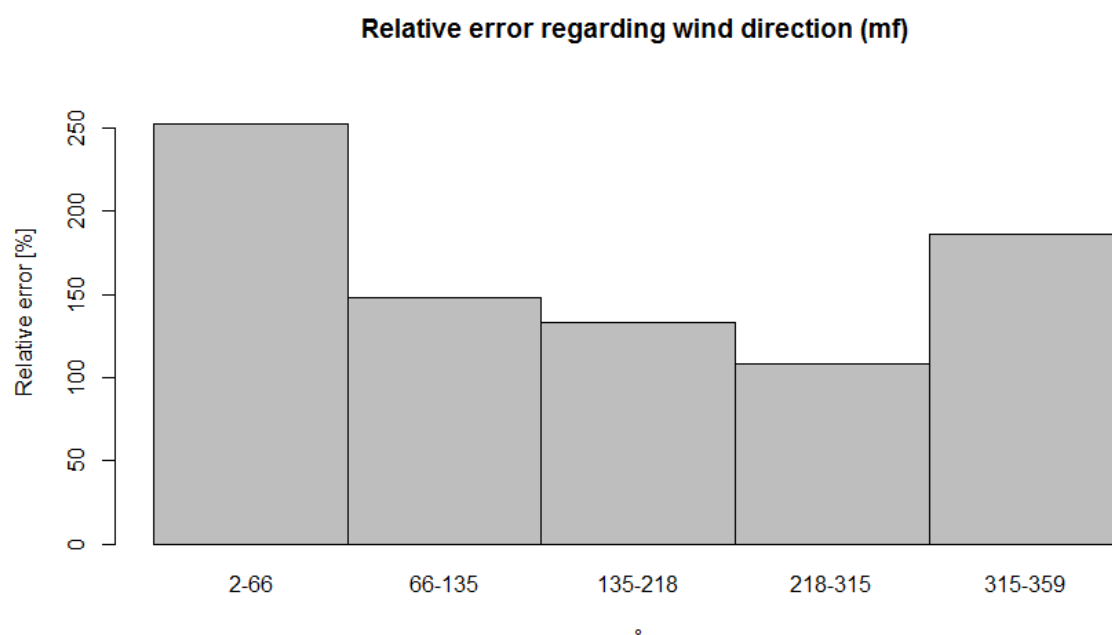
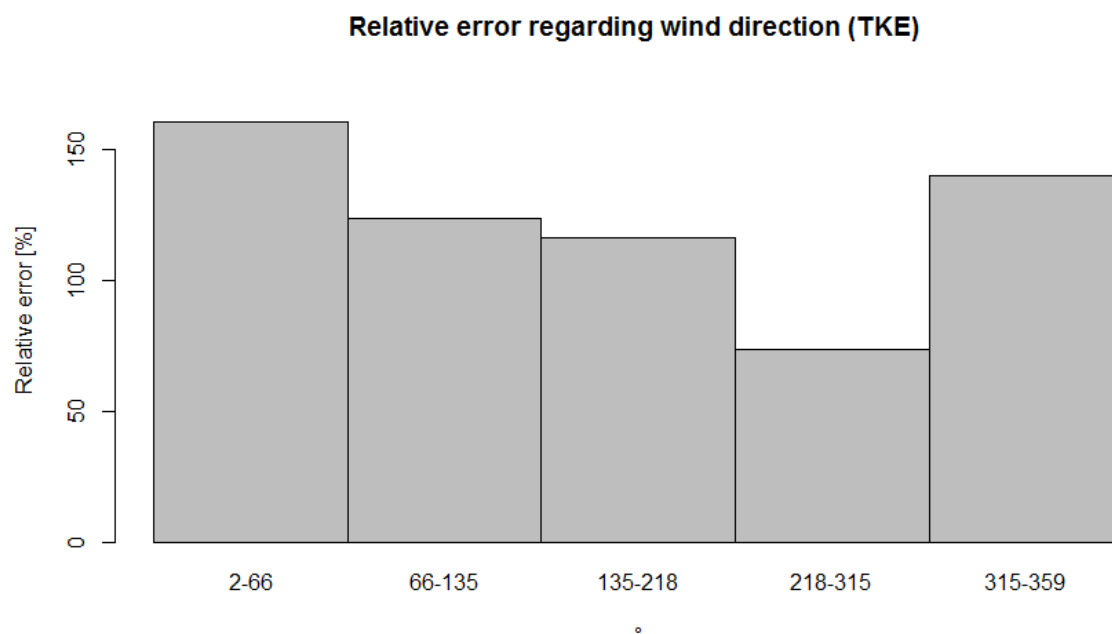
11. ábra, átlagos relatív hiba a pillanatnyi szélsébség függvényében

A legjobb modelleredmények a nagy szélsébségű esetekben várható. Momentumfluxus módszernél azonban jóval nagyobb hibák adódnak alacsony szélsébség esetén.



12. ábra, abszolút relatív hiba az egy órás átlagos szélsébség függvényében

Az egy órás átlagos szélsébség tekintetében már nem ennyire egyértelmű a helyzet, de itt is látható, hogy nagy szélsébség mellett jobb előrejelzést ad a modell.



13. ábra, abszolút relatív hiba a szélirány függvényében

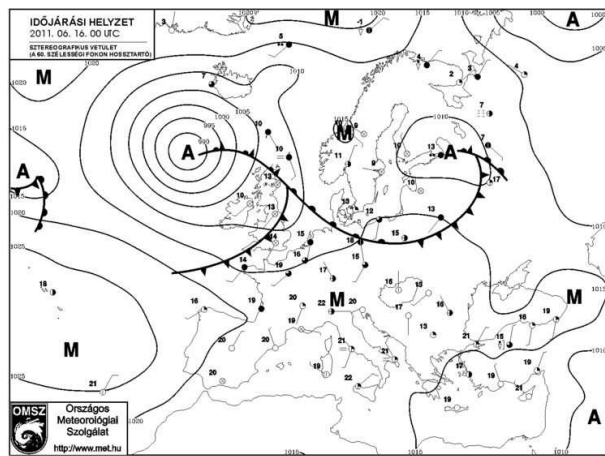
Nagyjából egyenletes eloszlást figyelhetünk meg, de a legjobb előrejelzések nyugati szél esetében voltak.

Esettanulmányok^[6]

Az alábbiakban a legjobb és a legrosszabb előrejelzést fogom elemezni szinoptikus szempontból, az előbbi vizsgálatok tükrében.

A legjobb előrejelzés:

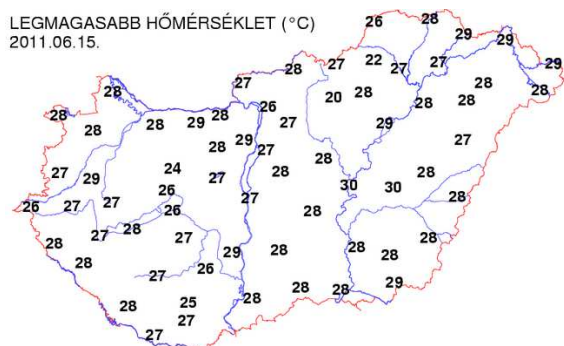
2011.06.16. 00UTC



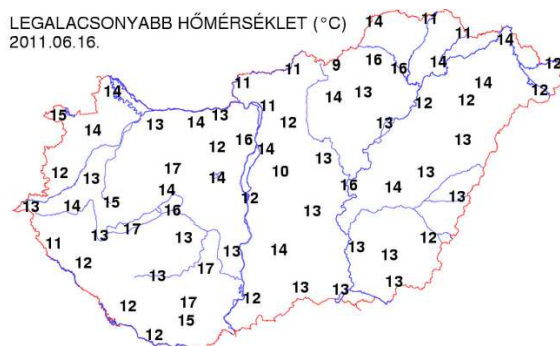
Közép- és Dél-Európa időjárását anticiklon alakítja. A leszálló légmozgásoknak köszönhetően általában kevés a felhő, sokat süt a nap, csapadék csak elvétve esett. Meleg volt, a legmagasabb nappali hőmérséklet 27 és 32 fok között változott, sőt a Pireneusi-félsziget térségében többfelé 33, 35 fokot mértek. Ugyanakkor kontinensünk északi területe fölött többközpontú ciklonrendszer helyezkedik el. Hatására arrafelé, valamint a ciklonközéppontokhoz tartozó frontok mentén gyakran erősen felhős volt az ég, és több helyen fordult elő eső, záporosó. A csúcshőmérséklet többnyire 14 és 23 fok között alakult.

Magyarország időjárása

LEGMAGASABB HŐMÉRSÉKLET (°C)
2011.06.15.



LEGALCSONYABB HŐMÉRSÉKLET (°C)
2011.06.16.



Előző nap országszerte 8-13 órát sütött a nap, emellett több-kevesebb gomolyfelhő képződött, amelyekből főként a Dunántúlon és a Duna-Tisza közén fordult elő zápor, zivatar. A

hőmérséklet csúcértéke 26 és 30 fok között változott. Éjszaka általában kevés volt a felhő, néhol kisebb zápor még előfordult. Hajnalra 9 és 17 fok közé hűlt le a levegő.

Budapest környékén csak nyomokban volt csapadék, tehát ez egy tipikus nyári száraz éjszakai eset.

Tengerszintre átszámított légnyomás: 1018 hPa

Hőmérséklet: 15,8 C°

Relatív páratartalom 90%

Szélesség: 0,7 m/s

Szélirány: 9°, azaz É-ÉK-i

PHR magasság rádiószonda felszállás alapján: 10 m

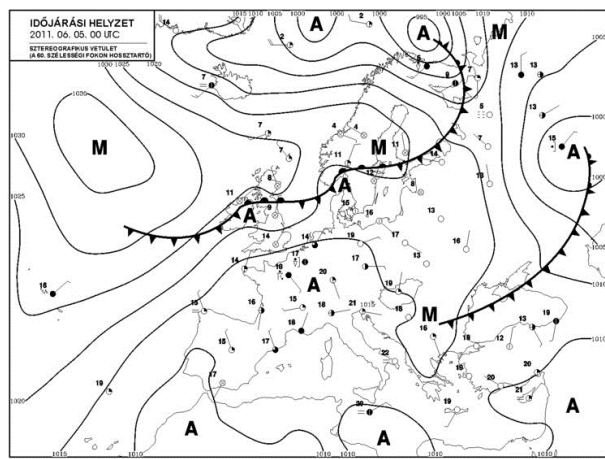
PHR magasság TKE területi átlag szerint: 9,99m

PHR magasság mf területi átlag szerint: 32m

Tehát minden szinoptikus adat a rosszul előrejelezhető intervallumba esett, és mégis ekkor született a legjobb eredmény. Érdekes még, hogy a momentumfluxus módszer 300%-os hibát adott, míg a TKE pontosan eltalálta a rádiószonda profilból számolt eredményt.

A legrosszabb eset

2011.06.05. 12UTC

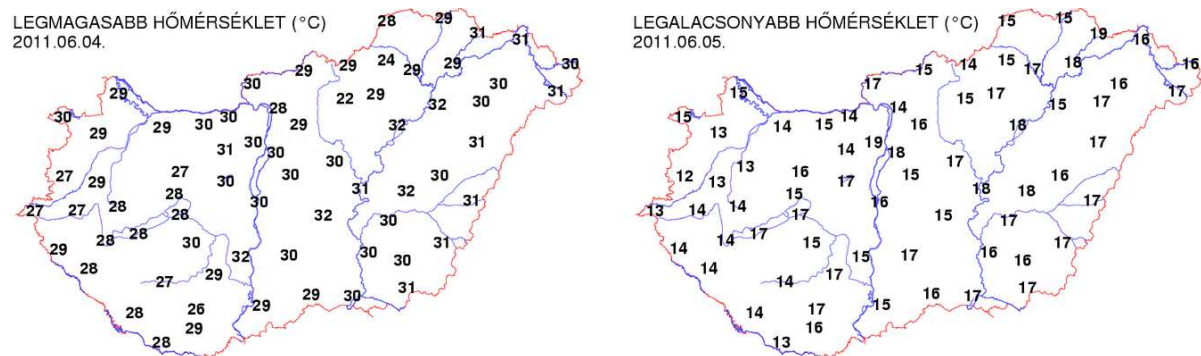


Az időjárási helyzet Európában

A Balti-tengertől a Balkán-félszigetig egy magasnyomású zóna húzódik. Ennek területén csendes, nyugodt volt az időjárás. A Brit-szigetektől az Appennini-félszigetig gyenge ciklon okoz erős gomolyfelhő-képződést, több helyen alakult ki zápor, zivatar, jégeső, felhőszakadás is előfordult. A hőmérséklet csúcértéke a Német-alföldről a Fekete-tengerig általában 27, 32

fok között alakult. Ennél kissé hűvösebb volt Délnyugat-Európában, a felhősebb, csapadékosabb tájakon. Több fokkal hidegebb volt az idő a Brit-szigetek, a Skandináv-félsziget egy részén és Oroszország északi vidékén, ahol helyenként napközben is 15 fok alatt maradt a hőmérséklet. A Kárpát-medence időjárását a következő alapvetően labilis rétegződésű levegő alakítja, ezért előfordult zápor, zivatar, néhol felhőszakadás, jégeső kíséretében.

Magyarország időjárása



Szombaton a déli óráktól elsősorban a Dunántúlon és az északi tájakon volt erőteljesebb a gomolyfelhő-képződés, és ott zápor, zivatar is kialakult, helyenként felhőszakadás, jégeső és viharos szellőkés kíséretében. A hőmérséklet csúcértéke 27 és 32 fok között változott. Éjszaka már kevesebb helyen fordult elő zápor, zivatar. Hajnalra általában 13, 19 fok közé hűlt le a levegő. A reggelig lehullott csapadék mennyisége mérőállomásainkon csapadéknym és 16 mm között változott. Vasárnap délelőtt a Duna-Tisza-közén és az Északi-középhegységben az erősen megnövekvő gomolyfelhőzetből helyenként zápor, zivatar is kialakult. A hőmérséklet 11 órára 20 és 29 fok közé emelkedett.

Tengerszintre átszámított légnyomás: 1013 hPa

Hőmérséklet: 24,4 °C

Relatív páratartalom 62%

Szélesség: 1,9 m/s

Szélirány: 273°, azaz Ny-i

PHR magasság rádiószonda felszállás alapján: 82 m

PHR magasság TKE területi átlag szerint: 3810 m

PHR magasság mf területi átlag szerint: 1930 m

Látható volt a korábbi vizsgálatok során, hogy a nyári nappali helyzeteket egy-két ilyen kiugró adat rontja el, Budapesten a szondafelszállás pillanatában épp zivatar volt, így a mért PHR magasság erősen lecsökkent. Az intervallumok a jól előrejelezhető kategóriákban

vannak. Mint azt korábban láttuk, a nyári nappali helyzetek átlagos relatív hibája igen nagy az ilyen helyzetek miatt, azonban ezeket kiszűrve a legjobbá válik.

Összefoglalás

Vizsgálataimban AZ AROME modell verifikációját végeztem el rádiószonda profil adatok segítségével. Két hónap adatait használtam fel, 2011 január és június, hat rádiószonda állomáson, két időpontban(00 és 12 UTC). A kapott adatok és elemzések alapján úgy vélem, hogy az éjjeli felszállások korrelációja és relatív hibája is nagy, de nem találunk kirívó eseteket. Ennek következtében nem tudunk érdemben javítani a rosszul előrejelezhető helyzetek kiszűrésével. A nappali adatoknál ugyan rossz a korreláció, és alapesetben a relatív hiba is, viszont találhatunk kiugró adatokat, amelyek kiszűrésével, olyan sokat javíthatunk a relatív hibán, hogy jobb eredmények jönnek ki, mint az éjszakai helyzeteknél. Ezek az esetek elszórt nyári záporokhoz köthetők. Az nem elvárható, hogy a modell az ilyen esetben épp időben éppen jó helyre jelezze előre a 5-10 rácspontra átmérőjű, fél-egy óra időtartamú eseményt.

További vizsgálatok

A későbbiekben szeretném vizsgálni, hogyan hat az időbeli átlagolás a statisztikai értékekre, ehhez azonban újra kell futtatni a modellt, ugyanis a jelenleg csak napi 2 időpont adatait írtam ki a modellfuttatás során. Szeretném továbbá egy módszert kidolgozni, hogyan lehet a modell adatai alapján kiszűrni az olyan eseteket, amikor óriási hibákat vét a modell. Az éjszakai felszállásoknál valamely más módszert is célszerű lenne vizsgálni a PHR magasság megállapítására, hiszen nincsenek jól kiszűrhető kiugró adatok. Szeretném továbbá összehasonlítani az AROME modell eredményeit más modellek, pl.:WRF, ECMWF adatokkal.

4. Irodalomjegyzék:

1. **Review and intercomparison of operational methods for the determination of the mixing height** - Petra Seibert, Frank Beyrich, Sven-Erik Gryning, Sylvain Joffre, Alix Rasmussen, Philippe Tercier
2. **A Parameterization of Dry Thermals and Shallow Cumuli for Mesoscale Numerical Weather Prediction - Julien Pergaud** - Valéry Masson · Sylvie Malardel · Fleur Couvreux
3. **A turbulence scheme allowing for mesoscale and large-eddy simulations** - J. CUXART, P. BOUGEAULT and J.-L. REDELSPERGER
4. **Deriving turbulence characteristics from the COSMO numerical weather prediction model for dispersion applications. Advances in Science and Research, 3, 79-84.** - Szintai, B., Kaufmann, P., and M. W. Rotach, 2009
5. http://owww.met.hu/omsz.php?almenu_id=homepages&pid=numprog&pri=5&mpx=0
6. OMSZ napi jelentés kiadvány