

Szoftver konténer technológia alkalmazása időjárás model finomhangolására különböző platformokon

Vránics Dávid Ferenc¹, Lovas Róbert², Kardos Péter³, Gyöngyösi András Zénó⁴, Bottyan Zsolt⁵ és Palik Máttyás⁵

43. Meteorológiai Tudományos Napok
2017. november 23-24.
Budapest



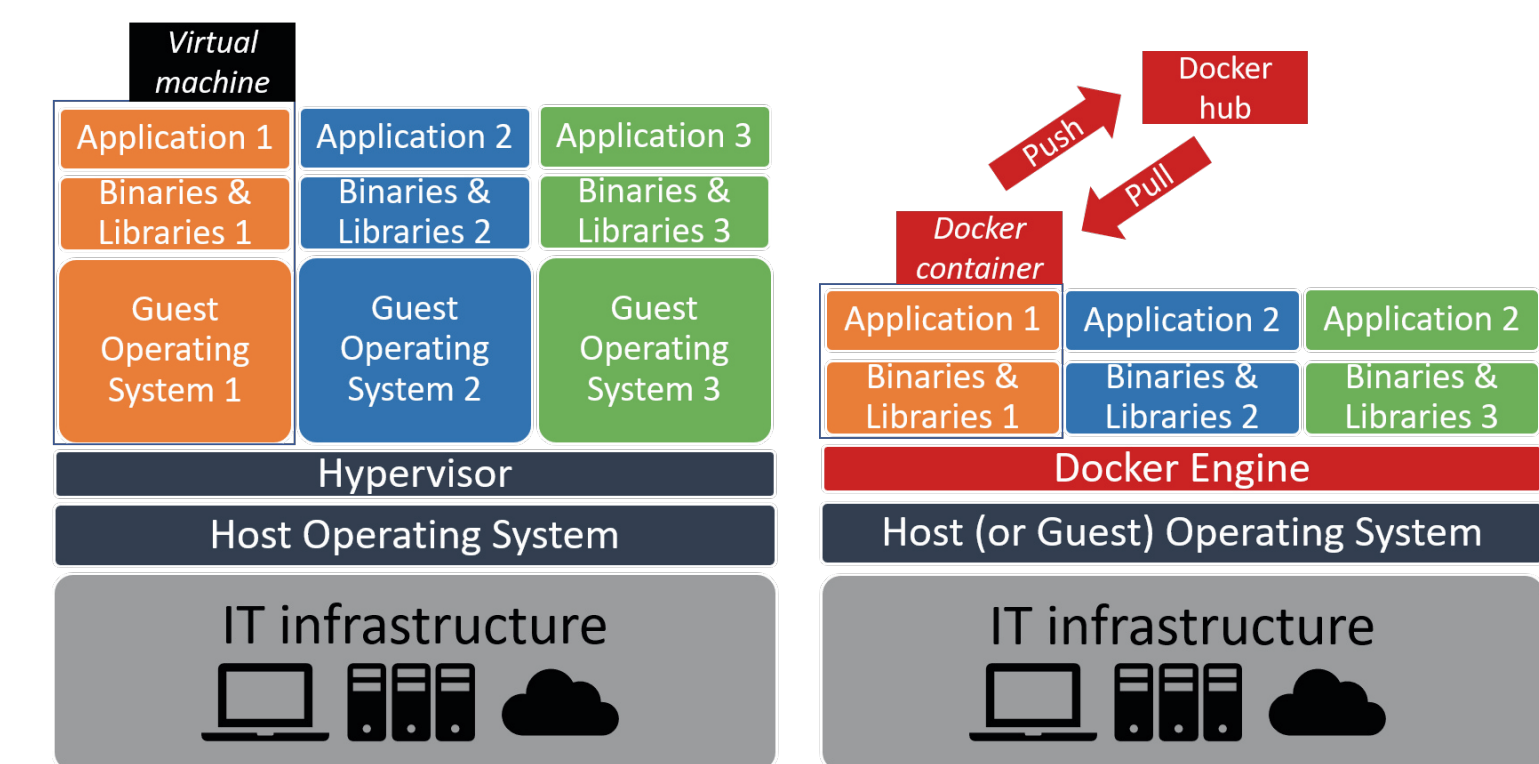
HungaroControl
Magyar Légiforgalmi Szolgálat Zrt.

MTA SZTAKI
Magyar Tudományos Akadémia
Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet

- ¹Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, vranicsd@gmail.com
- ²Magyar Tudományos Akadémia, Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet, robert.lovas@sztaki.mta.hu
- ³Hungarocontrol Zrt., peter.kardos@hungarocontrol.hu
- ⁴Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, zeno@nimbus.elte.hu
- ⁵Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Repülő Intézet, bottyan.zsolt@uni-nke.hu, palik.matyas@uni-nke.hu

I. Bevezetés
Korszerű szoftver konténer technológiákat, mint például a Docker, az utóbbi években egyre sikeresebben alkalmaznak nagy bonyolultságú informatikai rendszerek konfigurálásának megkönnyítésére. Lényege a szoftverek függő ségek kezelésének és kiállításának beépített lehetősége, vagyis az egymásra épülő vagy együttműködő szoftverek megfelelő verzióinak automatikus kiszolgálása. Emellett réteges felépítésének és központi repozitórium támogatásának köszönhetően hatékony és hordozható megoldáshoz juthatunk.

A Docker szoftver konténer technológia koncepciójának szemléltető ábrája

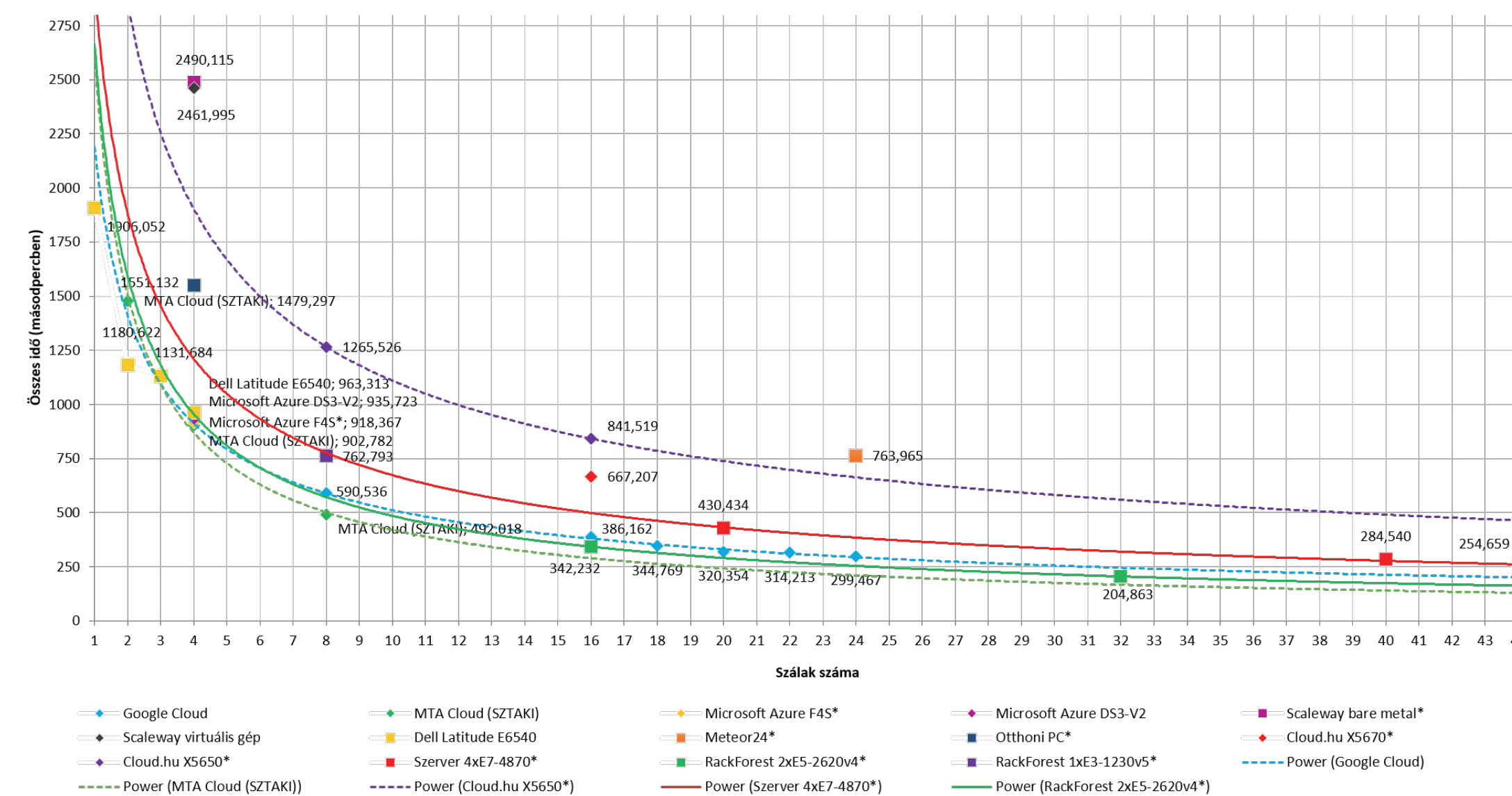


II. Benchmark mérések
Kutatásunk során a WRF időjárás model egy bizonyos konfigurációját (egy konkrét beállítással egy adott területre és időpontra futtatható, bemeneti adatokkal is rendelkező, önálló és hordozható szoftvercsomag) helyeztük el egy Docker szoftver konténerben, amit különböző, heterogén architektúrájú számítógépes platformokon WRF model futtató képességeinek mérésére és összehasonlítására használtunk. A vizsgált rendszerek között egyaránt szerepeltek hagyományos fizikai (nem virtualizált) szerverek, asztali és hordozható személyi számítógépek, továbbá több közosségi és publikus (kereskedelmi) felhő szolgáltatást nyújtó, sokprocesszoros virtualizált számítási rendszerek.

A vizsgált számítógépes rendszerek

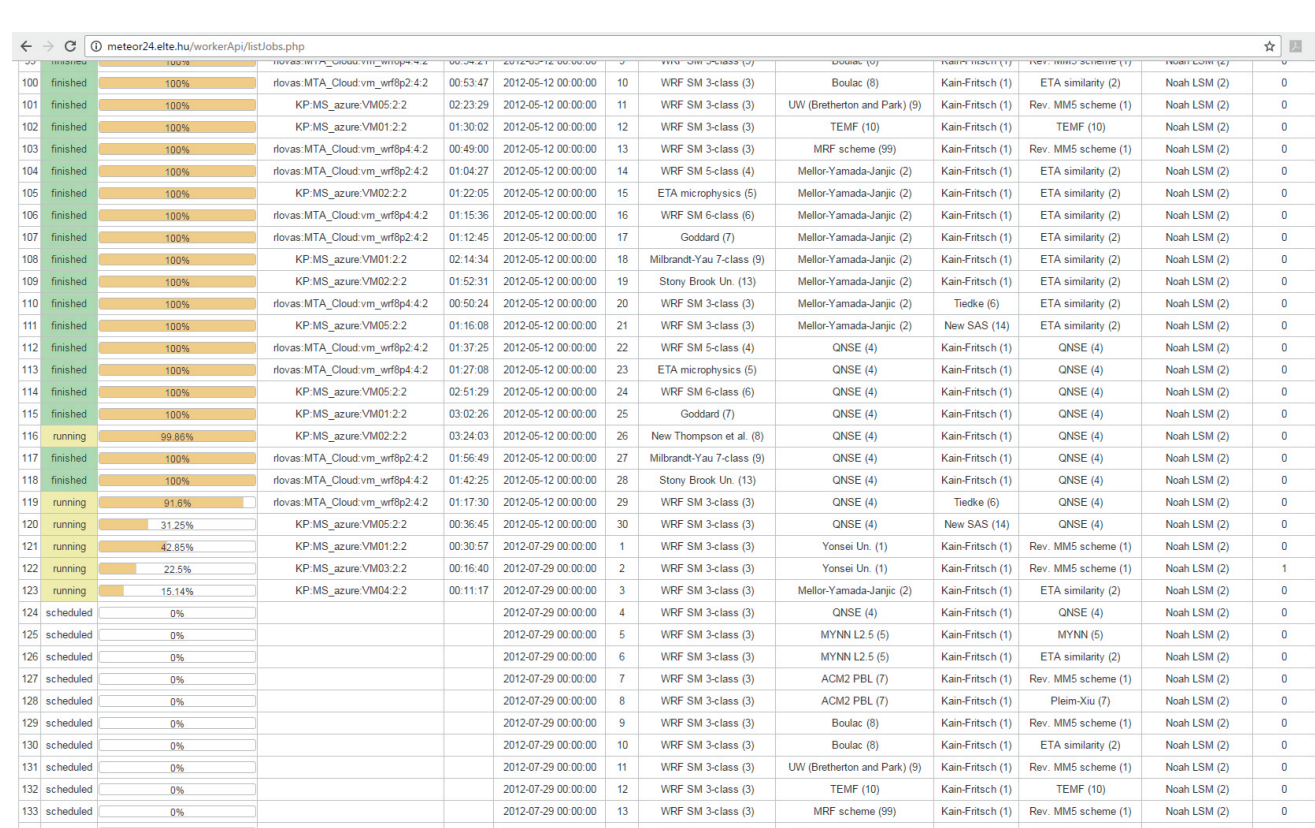
Rendszer megnevezése	OS és verzió	Processzor	Magok száma	Memória	Egyéb megjegyzés
Google Cloud	CentOS 7.3	vCPU (VM példány)	8*, 16*, 20*, 22*, 24* mag	32 GB	
MTA Cloud (SZTAKI & Wigner)		vCPU / Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2640 v3 @ 2.60GHz	2, 4, 8 mag	8 GB	m1.xlarge, KVM
Microsoft Azure F4S*	CentOS 7.3	vCPU (VM példány)	4 mag	2 GB/mag	F4S típusú VM, lokális SSD
Microsoft Azure DS3-V2	CentOS 7.3	vCPU (VM példány)	4 mag	3.5 GB/mag	DS3_V2 típusú VM, lokális SSD
Scaleway bare metal*		Intel(R) Atom(TM) CPU C2550 @ 2.40GHz	4 mag (dedikált)	2 GB/mag	C2S
Scaleway virtuális gép		vCPU / Intel(R) Atom(TM) CPU C2750 @ 2.40GHz	4 mag	1 GB/mag	VC1M típusú VM
Dell Latitude E6540	Ubuntu 14.04.5	Intel(R) Core(TM) i7-4600M CPU @ 2.90GHz, 4096 KB L3 cache, HT	2 mag/1 socket (4 mag HT használatával)	4 GB/mag DDR3	
Meteor24*		Intel Xeon E5645 (HT engedélyezve) @ 2.40GHz	6 mag/2 socket (12 mag HT használatával/socket = 24 mag)		
Home PC*		Intel i7-4500U (HT engedélyezve) @ 1.80GHz	2 mag/1 socket (4 mag HT használatával)		
Cloud.hu X5670*		Intel Xeon E5670 @ 2.93GHz	16 mag		
Cloud.hu X5650*		Intel Xeon E5650 @ 2.67GHz	8, 16 mag		
Szerver 4xE7-4870*		Intel Xeon E7-4870 @ 2.4GHz (HT engedélyezve)	10 mag/4 socket (80 mag HT használatával) legfeljebb: 20, 40, 44 tesztelt		
RackForest 2xE5-2620v4*		Intel Xeon E5-2620v4 @ 2.1GHz (HT engedélyezve)	8, 16 mag (16, 32 mag HT használatával)	16 GB	
RackForest 1xE3-1230v5*		Intel Xeon E3-1230v5 @ 3.40GHz (HT engedélyezve)	4 mag (8 mag HT használatával)	8 GB	

WRF skálázódás és teljesítmény - fizikai és virtuális kiszolgálók esetén

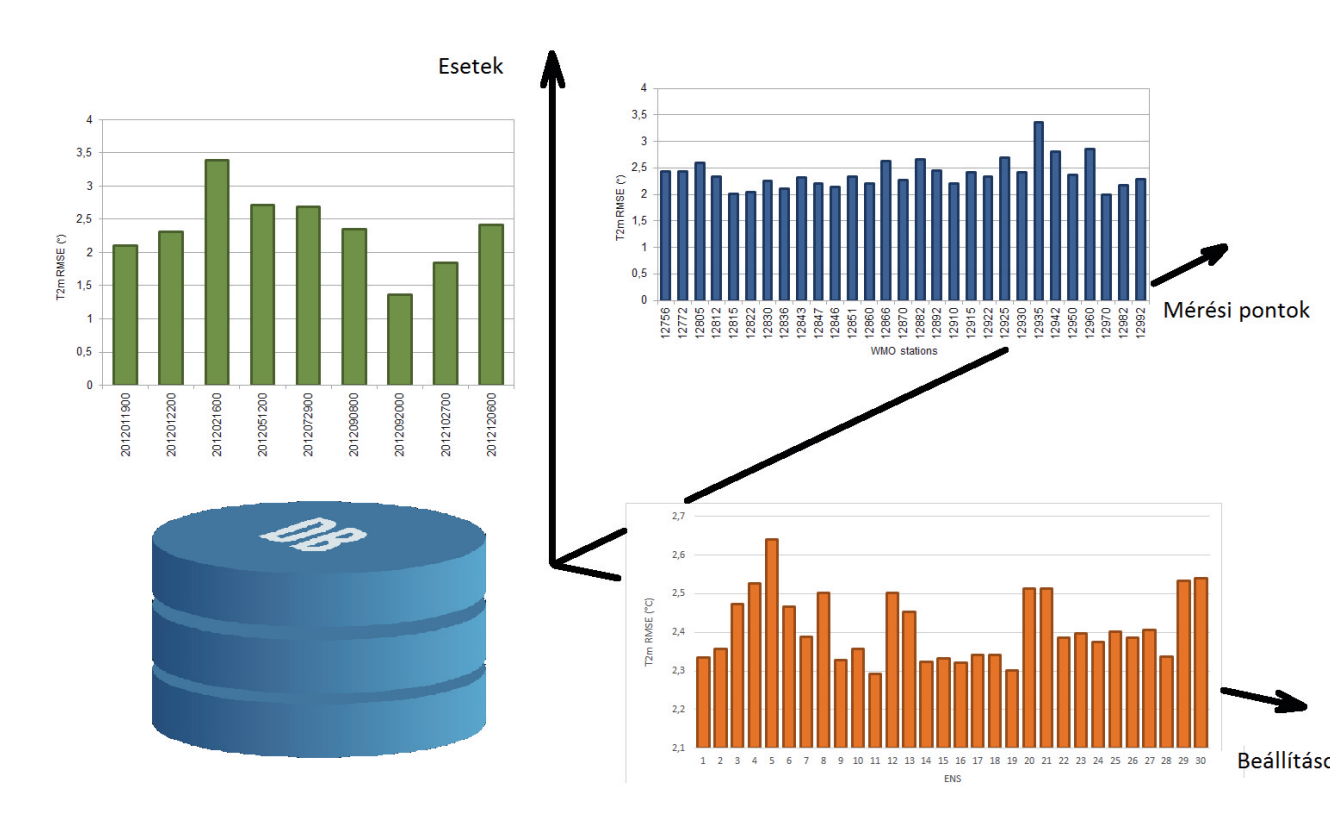


III. A WRF model finomhangolása
Mivel ugyanazon model ugyanazon beállításával eredményesen sikerült felbecsülni ezen platformok képességét mind teljesítmény, mind költség tekintetében, a WRF model paraméterezésével, finomhangolásával folytattuk a munkát. Először a model parametrizációk hatását vizsgáltuk 9 különböző esetben 30 különböző parametrizációs beállítást tesztelve, így 270 futtatás eredményét tudtuk végül egységes adatbázisban összehasonlítani. Ezzel kell számolni mintából nyílt modunk viszonylag objektív módon kiválasztani azt a beállítást, mely leginkább alkalmas a modelrendszer céljaink szerinti optimális alkalmazására.

A WRF finomhangolására használt rendszer megjelenítő felülete



A 2m-es léghőmérséklet RMSE értékeinek dimenziói



Minden egyes futás eredményét a model tartományába és szinoptikus állomások koordinátájában eltároltuk, és órás időlépcsőben hasonlítottuk össze a mért adatokkal. Az adatbázis segítségével a kiértékelés valós időben lefolytatható, így a rosszul teljesítő beállításokra nem kell gépi idő fordítani. Az ábrán azt illusztráljuk, hogy a 2m-es léghőmérséklet RMSE értékeit milyen dimenziókban tudjuk valós időben, azonnal kiértékelni. A finomhangolás idősüksége a docker és felhő technológia alkalmazásával a rendelkezésünkre álló számítási kapacitással 1 nagyságrenddel csökkenthető: a 270 beállítás futásideje valós időben 140 órát vett igénybe.

IV. A vertikális felbontás növelése
A parametrizációs vizsgálatok követően a vertikális felbontás növelésével folytattunk tesztet a konténer technológiával, melynek eredményeként a planetáris határreteg modellezés teljesítményének növeléséhez járuló költséget tudtuk hatékonyan megbecsülni, mind teljesítmény, mind költség tekintetében.

A Kárpát-medence síkvidéki területein, így hazánk jelentős részében a téli félévben igen jellemző inverziós időjárás helyzetben a látóhatárságot és a le- és felszállások szempontjából legalább ugyanakkora jelentőséggel bíró alacsony szintű felhőzet magasságát és mennyiségét is nagy mértékben meghatározza az alsó pár száz méteres szinten a hőmérsékleti réteg deszkalakulása. A hazánkban oly gyakori, hideg légréteg helyzetben a felszín kisugárzása, a talajinverzió és a magas nyomású szinoptikus szituációban kialakuló zsongorodási inverzió erőssége, vertikális kiterjedése, valamint a hőmérséklet és légnedvesség vertikális menetének finom változásai mind jelentős kihatást gyakorolnak a sugárzási és mikrofizikai folyamatokra, és még abban az esetben is, ha a legjobb parametrizációkat alkalmazzuk is, és kezdeti adatok pontosak, a határreteg szerkezetének nem kell vertikális felbontású reprezentációja a modellünkben a repülésmeteorológiai szempontból oly jelentős folyamatokat eltompítja, vagy éppen azok nem is jelentkeznek.

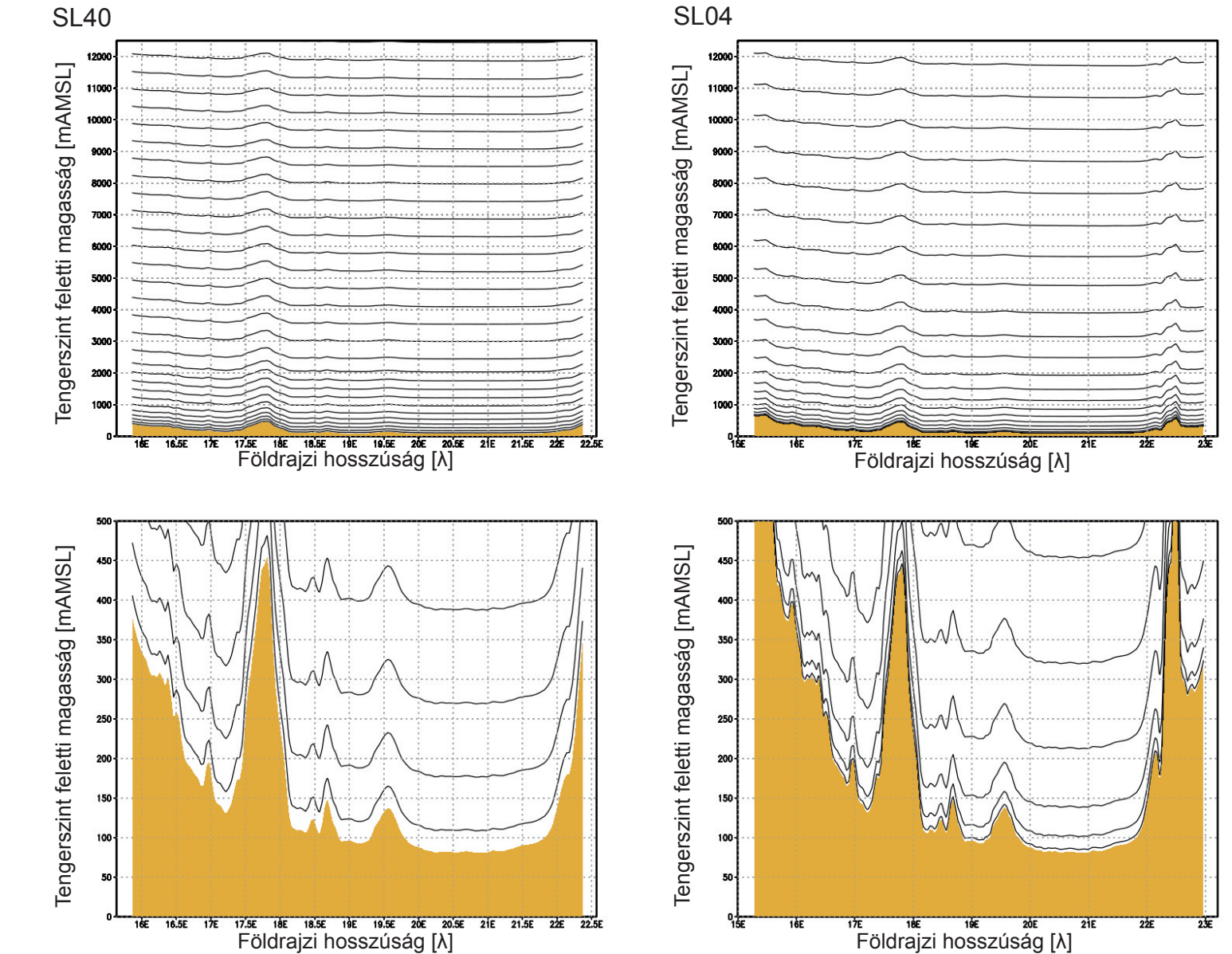
A fenti jelenség model vizsgálatát szempontjából igen lényeges, hogy a vertikális felbontás a felszín közelében milyen részletességgel adja vissza az inverziós, stabil, feltételesen instabil, neutrális, és esetleg abszolút instabil rétegeket. A legalsó model szint magasságában számított állapotváltozók értéke egyben ki- illetve bemeneti adatait a felszíni réteg parametrizáció számára. Ennek magasságára nézve más az ideális stabil, átmeneti, vagy éppen instabil réteg desz (konvenció) esetében, hiszen mások lesznek a planetáris határreteg turbulens keveredésére jellemző meghatározó folyamatok. Éppen ezért a vertikális felbontás szempontjából is elmondható, hogy annak megválasztása – hasonlóan a parametrizációs sémák megválasztásához – időjárás helyzettől függ, amellyel, hogy optimális értéke függ a megválasztott parametrizációk típusától, a model horizontális felbontásától és természetesen a rendelkezésre álló számítási kapacitástól. Az erre vonatkozó „finomhangoláshoz” is kézenfekvő módszer lehet az időjárás model szoftver konténerben való futtatása a beállítások változtatásainak lépésével és az eredmények verifikálásával.

A vertikális felbontás és a legalsó modellszint magasságának kérdésével foglalkoztak többek között Shin és munkatársai (Mon Wea Rev, 2011), valamint Svensson és Hultsag (Boundary-Layer Meteorol, 2009). Vizsgálatainknál Shin és munkatársai következtéseiből indultunk ki és általuk alkalmazott jelölést alkalmazzuk. A kontroll futtatás (CTL) vertikális felbontása (SL40) mellett alkalmazott legalsó (termodinamikai) modellszint felszín feletti magassága körülbelül 40 méter, míg a legfinomabb felbontás, SL04 esetében ez az érték mintegy 4 méterre adódik.

A CTL 28 szintje, plusz két szint az eredetileg legalsó modellszint (2-0.990) és a felszín (1-1.000) között logaritmikusan 4-0.990, 3-0.996 és 2-0.999. A WRF v3.9 model verzióban egyébként már lehetőség van vertikális beállításra is, azaz csak a legnagyobb felbontású tartományban is elegendő megnevelni a szintek számát, azonban ezt a lehetőséget csak egy bizonyos fajta sugárzási sémák alkalmazása esetén (RRIM/GH) lehet alkalmazni.

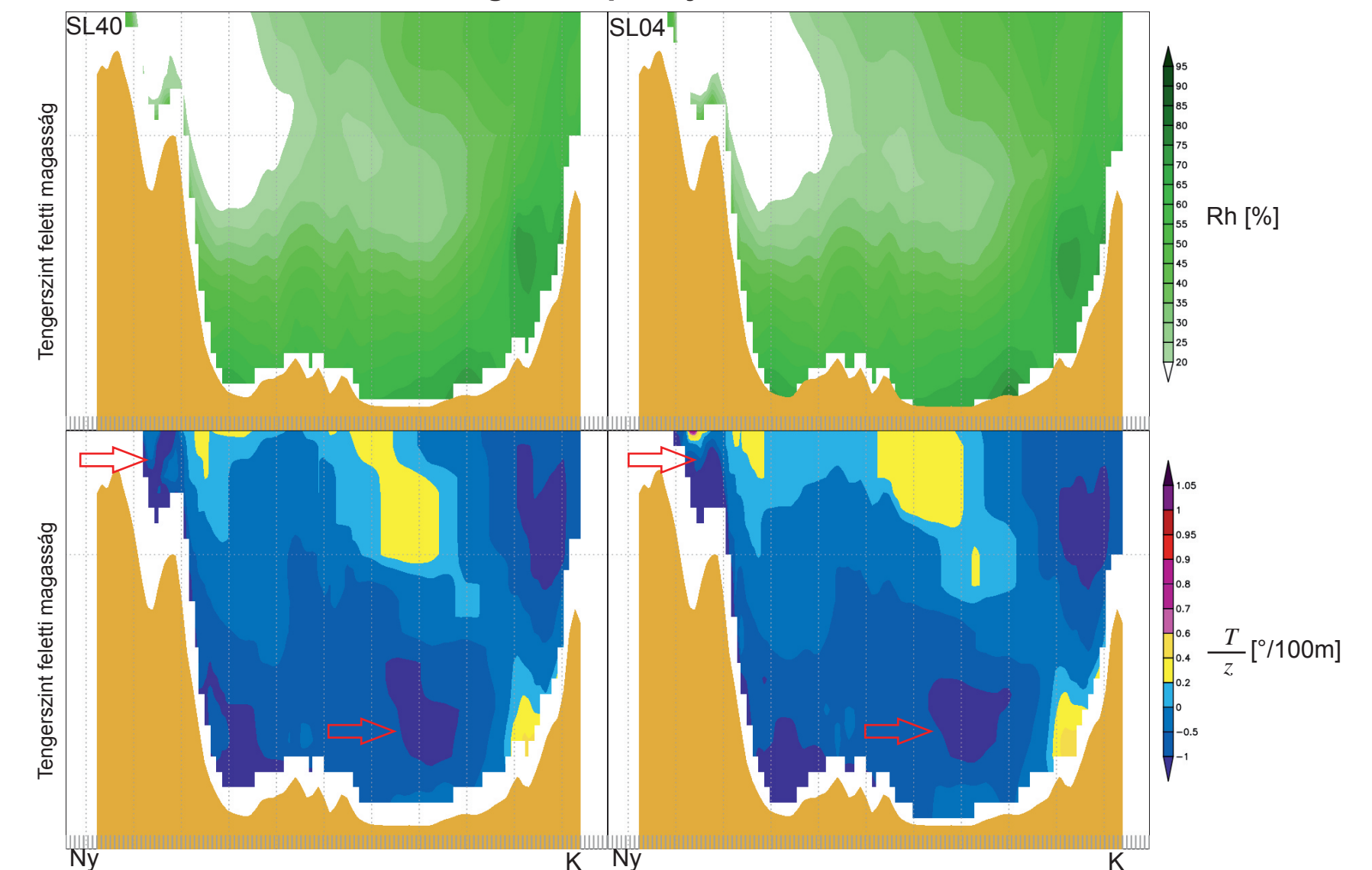
Ezenfelül – a számítási költség alacsony szinten tartása érdekében csökkentettük a vertikális szintek számát, mely elsősorban a nagyobb magasságokban eredményezett gyengébb felbontást.

A vertikális szintek számának változtatása és ennek hatása a felbontásra



2017. február közepén Európa középső területeinek időjárását több, mint egy héten keresztül anticiklon uralta. A légörvény hatására a nagy térség lezálló légmegszakos uralkodtak. Emiatt a déli területeken sokat sütött a nap, de a Kárpát-medence közepén és keleti tájain az éjszaka kialakult párásság és köd még napközben is megmaradt. Az időköznapra, február 15-ére végrehajtott numerikus kísérletek eredménye arra mutat rá, hogy míg a hőmérsékleti réteg desz teljesítményére nézve kedvező hatást a vertikális felbontás növelése, addig a nedvesség profil tekintetében továbbra is jellemző, hogy a model a harmatpontot jelentősen alulbecsüli, ezzel a rossz látóhatárságot és alacsony felhőzetet sokszor figyelmen kívül hagyja el jelezésében.

A vertikális felbontás növelésének hatása a nedvesség és hőmérsékleti rétegződés profiljának metszétére nézve



Az ábrán a 47.5 szélességi körön vett metszetet mutatjuk be a modeltartományban 0 – 1500m tengerszint feletti magasságig, a felső ábrákban a légnedvesség, az alsókban a vertikális hőmérsékleti gradiens értékeit jelenítettük meg, a bal oldali ábrák az SL40, míg a jobb oldaliak az SL04 vertikális felbontással készült futtatások eredményei.

Fentiek figyelembevételével javasolt a vertikális felbontás növelése, azonban a model eredményeinek interpretálása még mindig igen jelentős utófeldolgozást igényel.

V. Az eredmények alkalmazhatósága, további terveink
A kapott eredményeket most egy repülésmeteorológiai támogatási rendszer fejlesztésénél hasznosítjuk, de azok szélesebb körben is alkalmazhatóak lehetnek, akár a konténer technológia létjogosultságát, akár a konkrét modelbeállítások alkalmazhatóságát tekintve.

VI. Referenciák
Svensson, G. and Hultsag, A.A.M. (2009): Analysis of Model Results for the Turning of the Wind and Related Momentum Fluxes in the Stable. Boundary-Layer Meteorol, 132: 261 – 277
<https://doi.org/10.1007/s10546-009-9395-1>

Shin, H.H., Hong, S.-Y. and Dudhia, J. (2009): Impacts of the Lowest Model Level Height on the Performance of Planetary Boundary Layer Parameterizations. Mon Wea Rev, 140: 664-682.

Mérési eredmények: <http://meteor24.szrf.hu/workerApi/listJobs.php?list=all>

