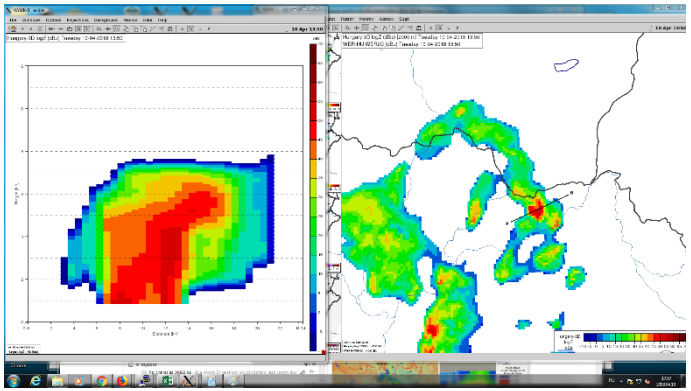
Nagyító alatt a 3D radarmező! Szupercella/WER echo detektálása

Simon André



Veszélyes zivatarok struktúrája és dinamikája

Veszélyes zivatarok struktúrájának tanulmányozása műhold, radar és villámdetekciós módszerekkel – 2017-es EUMETSAT study (Putsay, M., Kocsis, Zs., Simon, A., Szenyán, I., és további kollégák)

Radar, műhold és villámadatok transzformációja Lagrangei, zivatar-követő koordinátába. Térben és időben összesített paraméterek (pl. villámsűrűség) legyártása.

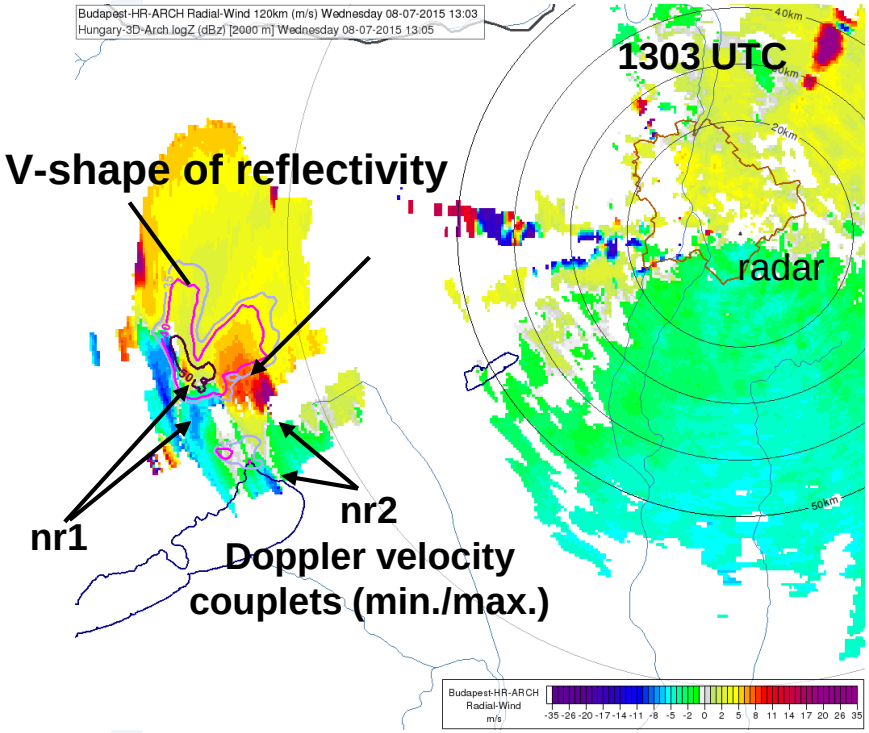
Hogyan függ össze a villámsűrűség, vagy a túlnyúló csúcsok elhelyezése a radarreflektivitás struktúrával? Elkülöníthetők egyes területek/szektorok a szupercellában? Hol lehetnek a fel- és leáramlási zónák és mezociklonok? Hogyan változnak ezek időben?

Mezociklonok detektálása

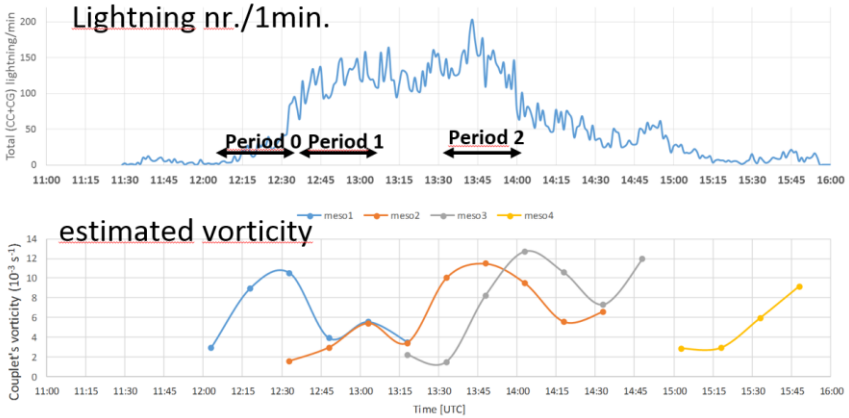
Szupercellás zivatar: A cellában egy mély (több km vertikális kiterjedésű) és hosszantartó (legalább 10-20 perc) mezociklon létezik (Doswell és Burgess, 1993)

Detektálási lehetőségek: A) Dopplerradar radiális szélsebesség, mezociklon echo (Mesocyclonic Vortex Signature, MVS). Örvényesség legalább 0.01 s-1 (vagy 0.005 s-1 azimutális szélnyírás, 20 ms-1 változás 5km távolságon)

Alapvető probléma a DWSR típusú radarméréseknél: doppler szél magas zajszintje a mezociklon környezetében, nagyon nehéz a detektálása és követése

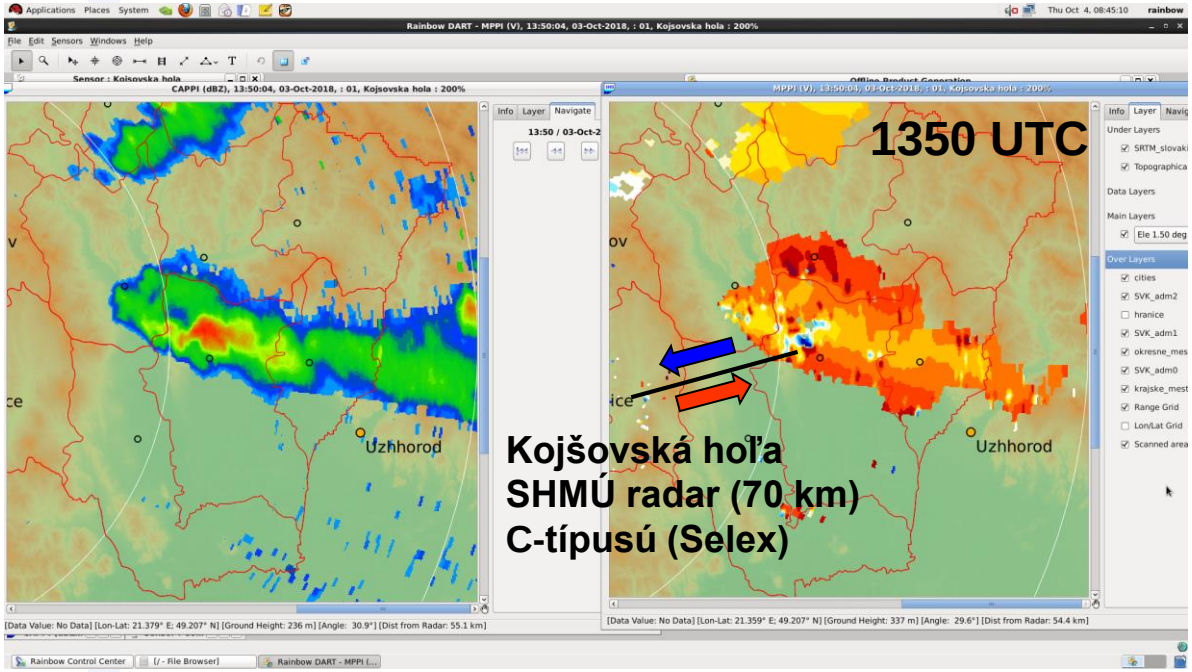


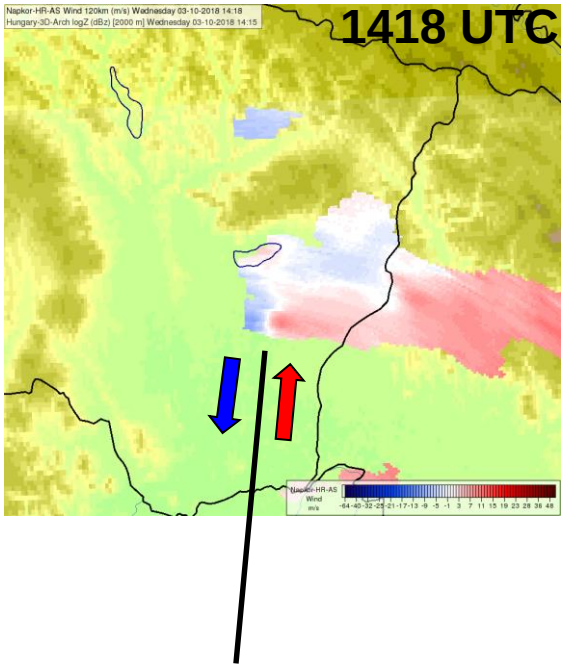
P.I. a 2015.07.08.-i szupercellában csak a Doppler szélsebesség egyik maximuma jól látható. Több mezociklon is fejlődhetett egy időben, de ez bizonytalan



Összehasonlítás más radartípusokkal

Egyes intenzív szupercellánál az MVS jól felismerhető, nem túl nagy távolságnál a radartól (100 km-ig). Pl. a 2018.10.03.-i tornádós szupercellánál, ami szlovák, valamint magyar radaron is egyaránt volt detektálható.



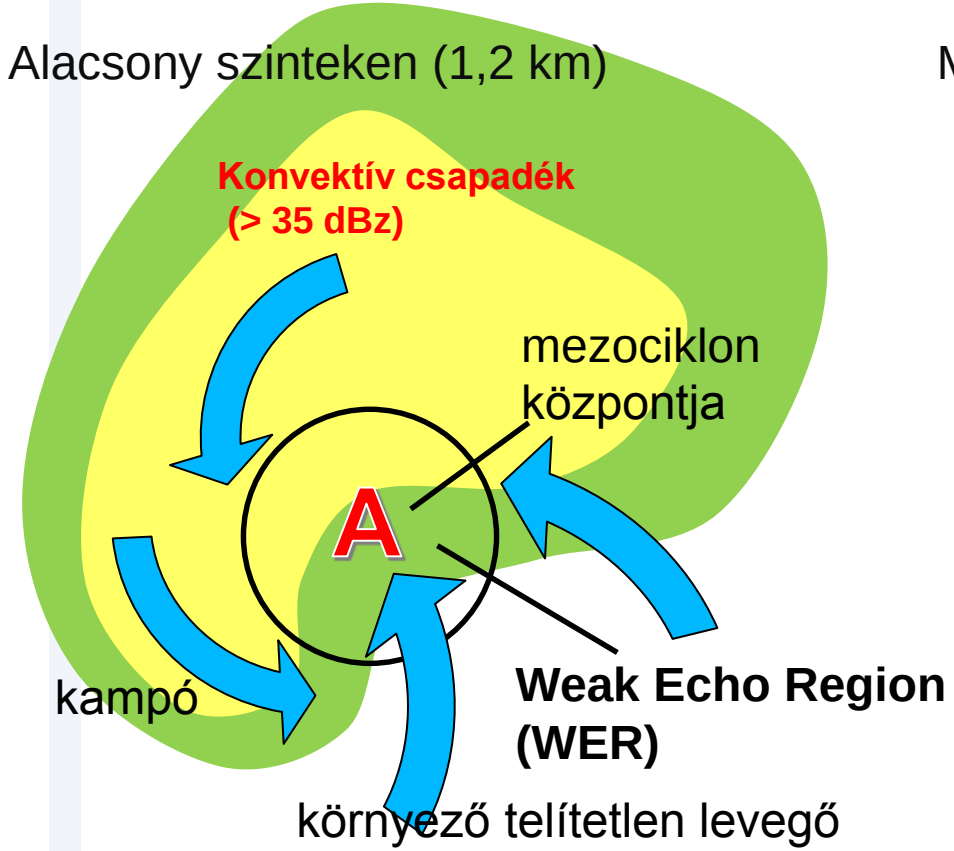


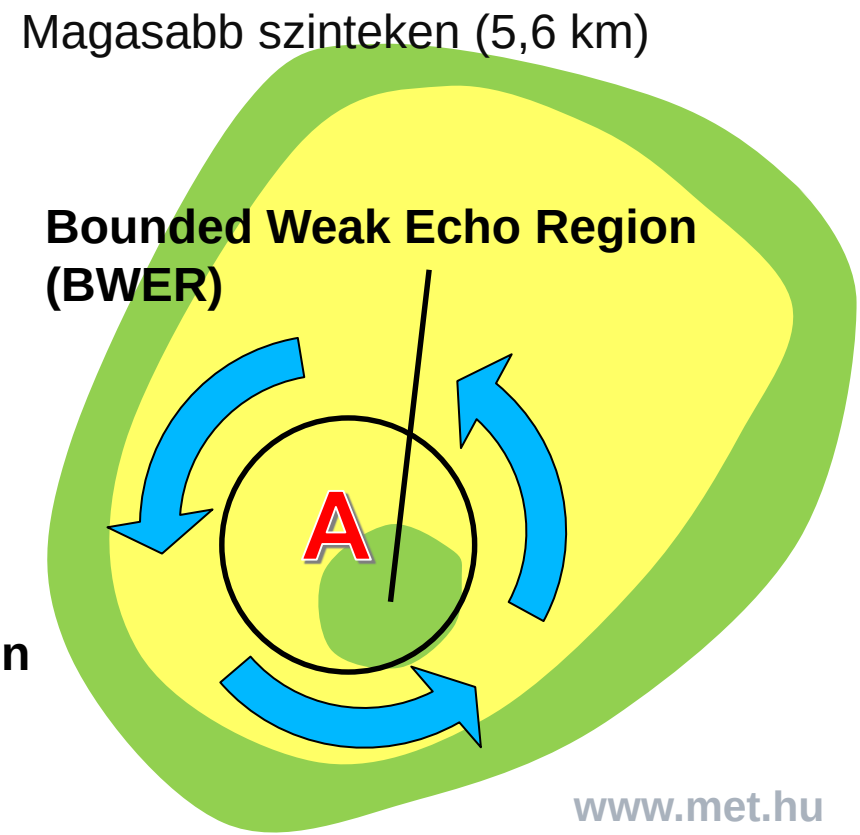
A különböző gyártmányú C-típusú radarok Doppler mező minősége lényegesen eltérő lehet

Egyéb detektálási módszerek

B) Eltérő haladási irány (Horváth et al., 2015) – ami csak egy idő elteltével látszik és nem mindig egyértelmű, vagy nem minden szupercellánál jelentős

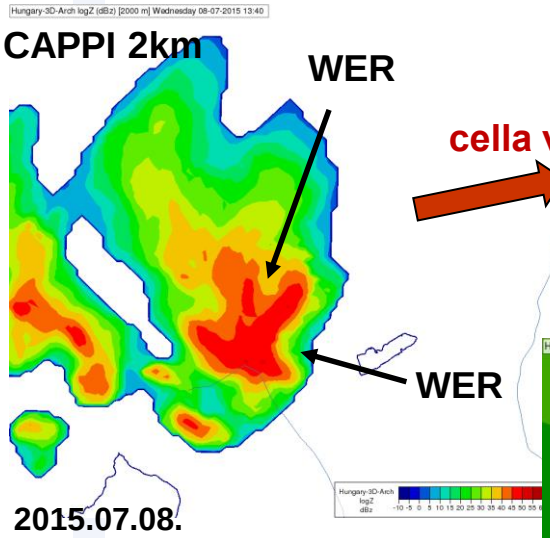
C) A mezociklon áramlása és a környező, telítetlen levegő benyomulása a csapadék eloszlását is befolyásolja. Ezt közvetetten látjuk a radarreflektivitás horizontális profiljain, mint kampókat, mélyedéseket, gyenge reflektivitású echókat (WER/BWER)



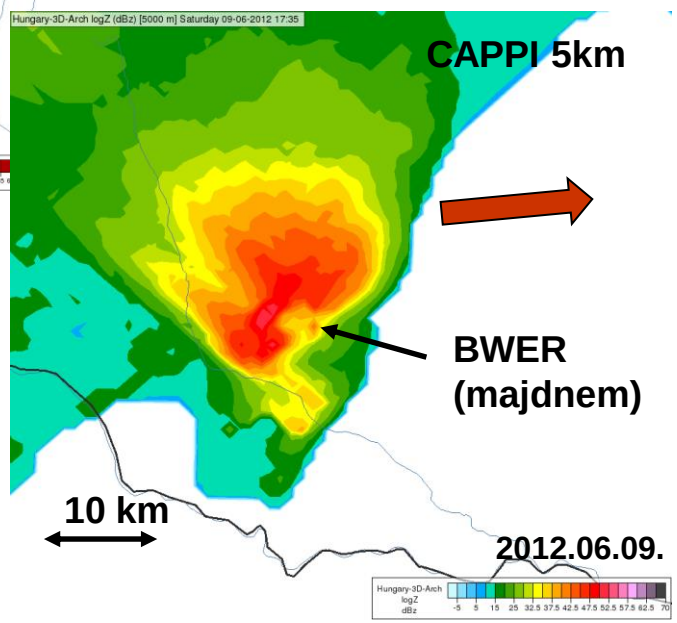


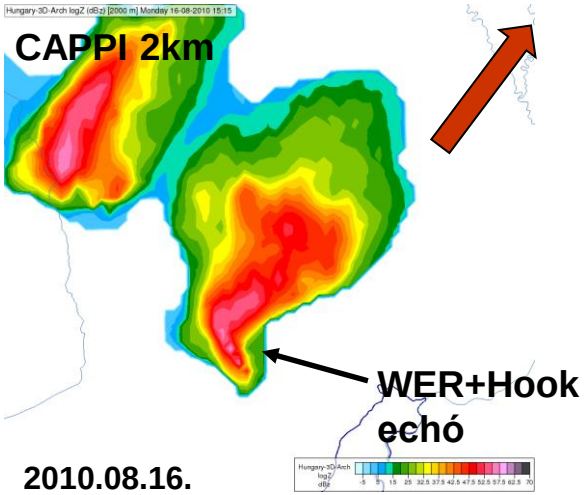
WER/BWER horizontális metszeteken

Főleg a HP (Heavy Precipitation) szupercelláknál a WER gyakran nehezen észrevehető a horizontális (CAPPI) keresztmetszeteken. Gyakran előoldali, kissé behorpadt (bab-alakú) reflektivitás mezőként felismerhető.



cella vonulása





A magas reflektivitással körbezárt BWER echó terület többnyire nagyon kicsi (k.b. 2 km átmérőjű), nehezen detektálható, több szintet kell megnézni

A hook echó (kampó) intenzívebb mezociklon esetén látható, nem mindig alakul ki

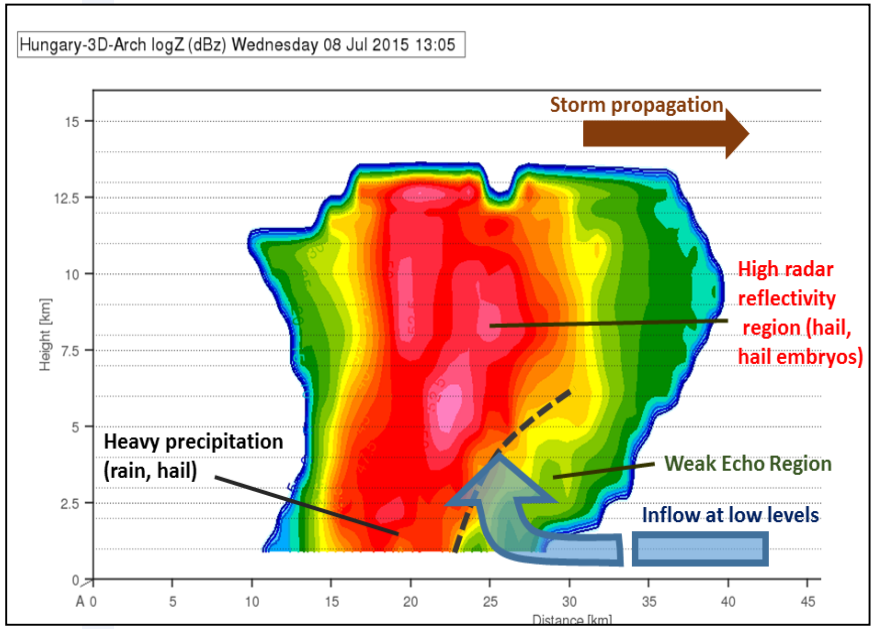
WER/BWER vertikális metszeteken

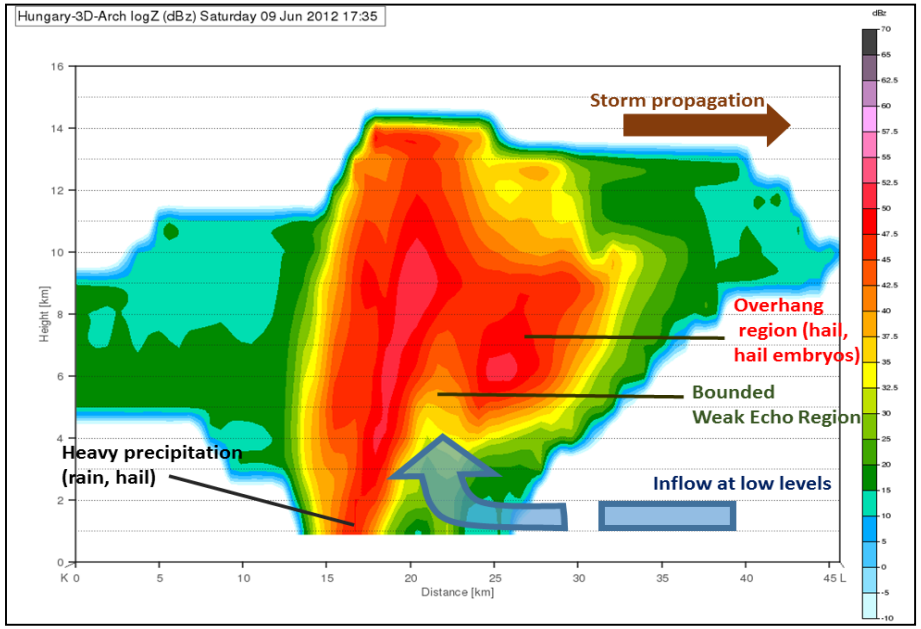
A vertikális metszeteken általában jobban látszik a WER terület és a méretei.

Egyes esetekben a gyenge echók a feláramlási csatornákban magas szintekig terjednek el, ilyenkor többnyire horizontális metszeten BWER echó látható valamelyik magasabb CAPPI szinten. Másik elnevezése „Vault” (boltív).

De milyen irányban készítsünk megfelelő vertikális metszetet (vagy RHI-scant)?

Operatív szolgálatban a metszetek gyártása és analizálása időigényes és nehézkes.

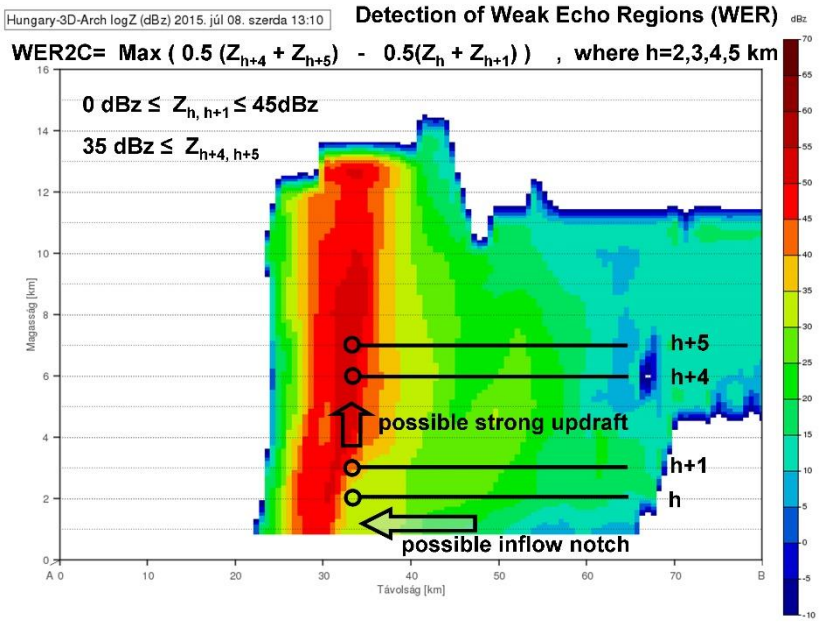




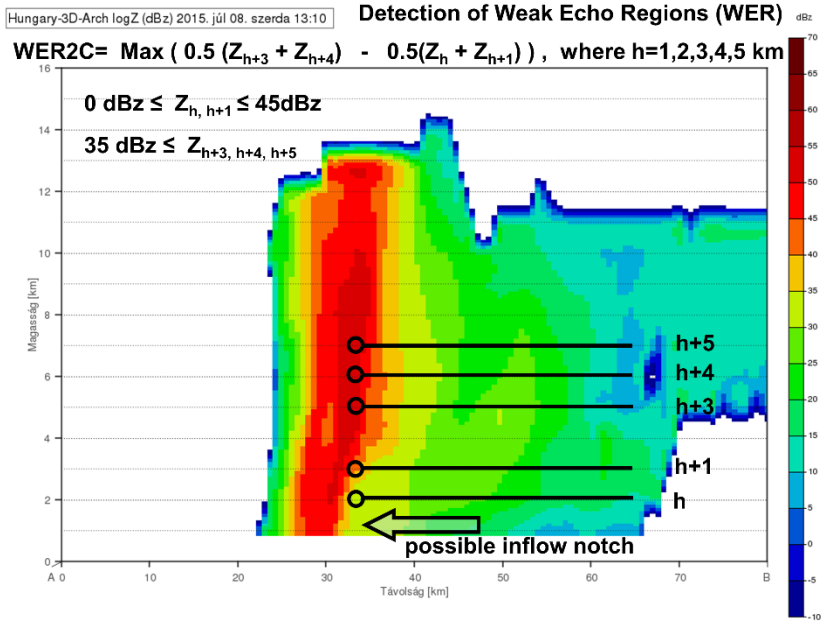
WER detektálási algoritmus

Radarreflektivitás (Z) vertikális gradiensek keresése, ahol a Z nő a magassággal (WER echó felett). A magasabb szinteken konvektív intenzitású (>= 35 dB) reflektivitás található.

A jelenlegi operatív algoritmus már az 1km szintről indul, hogy alacsonyabb magasságú (min. 6-7km) felhőknél is észlelje a potenciális WER területet. Főkimenet: WER2C index



Eredeti algoritmus



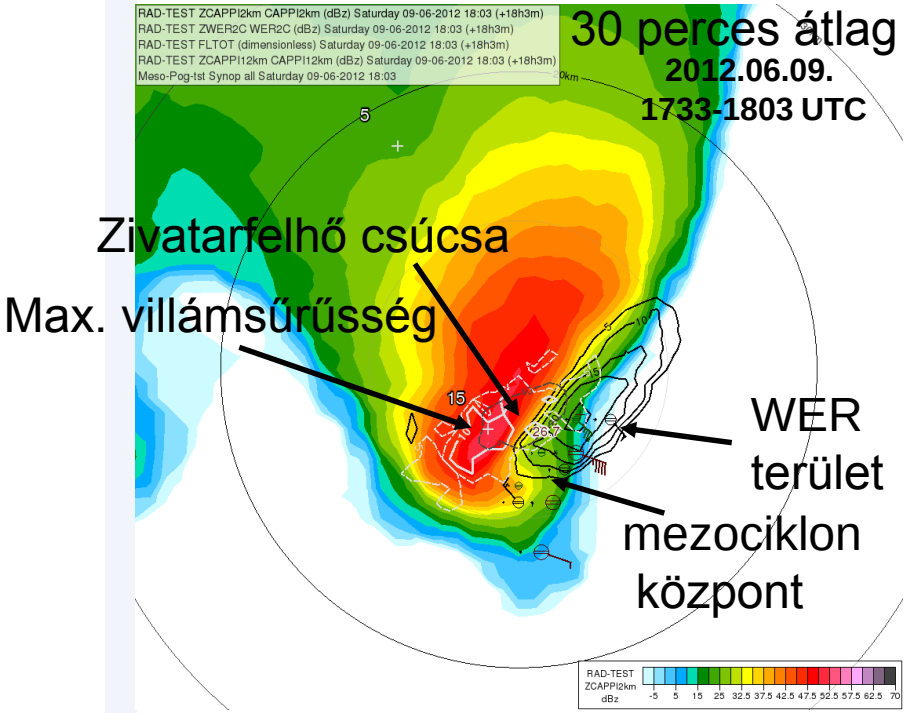
Operatív algoritmus

WER2C index – interpretáció, használat

Pozitív WER2C területek általában intenzívebb cellák előoldalán találhatók, 20 dB feletti WER már jelentős, de kis területen lehetnek akár 40-50 dB értékek is

A WER2C egy index, ami elősegíti a WER echó keresését (vertikális metszet kiválasztását)

WER2C állandóság: ha a magas reflektivitás hosszabb időn keresztül nem terjed a földfelszín irányába, ez feláramlásokra utal.

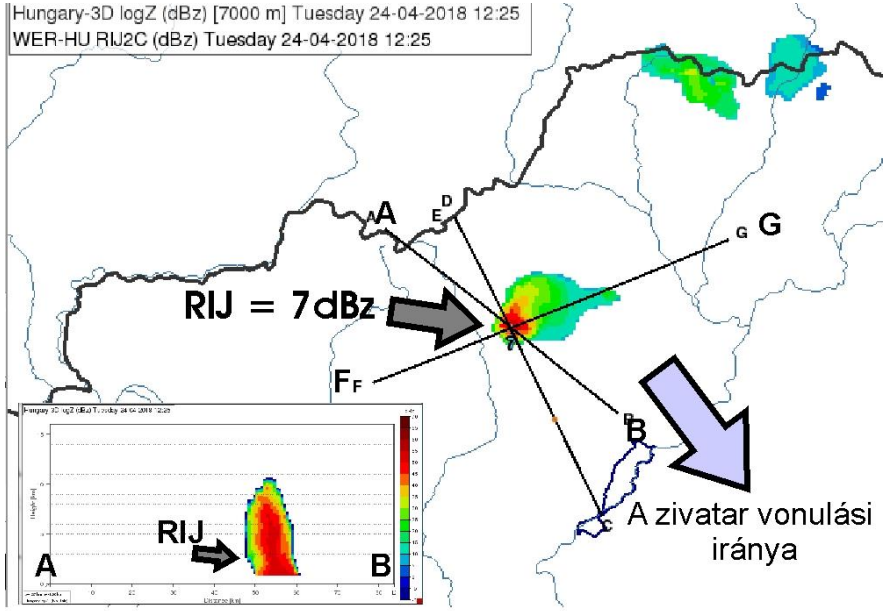


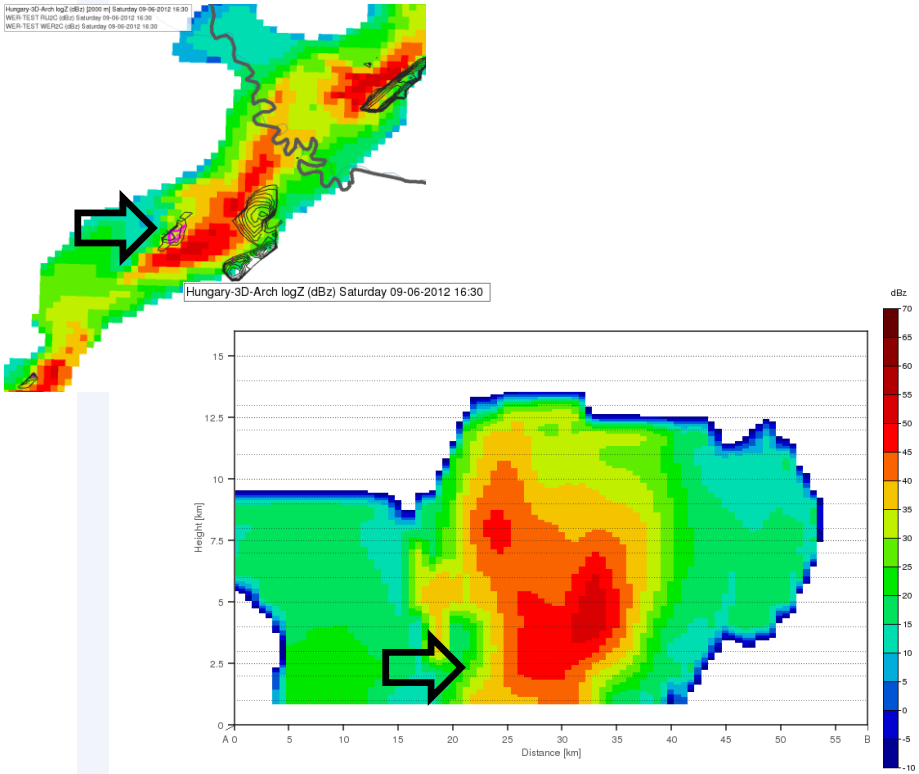
csapadék	Z (dBz)	W 1000 hPa (m/s)
Esőcsepp 1-2 mm	35-55 dBz	4-6 m/s
Jég 0,5 cm	45 dBz felett	> 8 m/s
Jég 2 cm	56 dBz felett	> 20 m/s

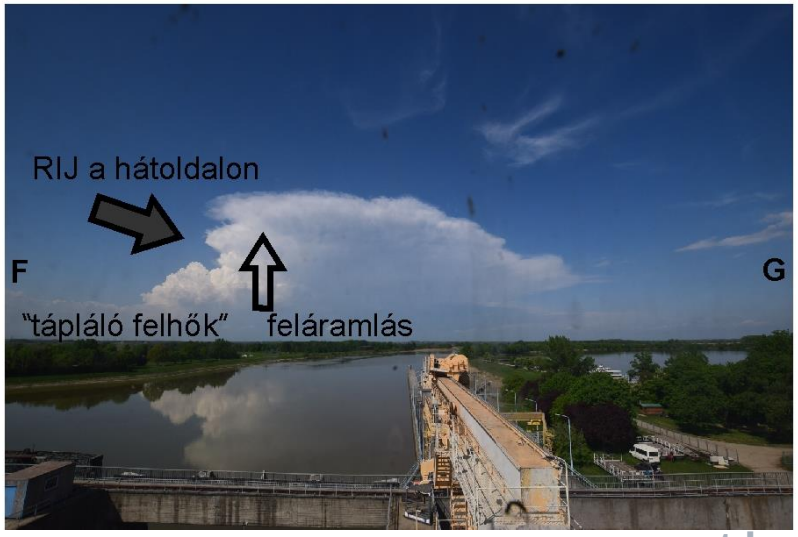
Példák Martner et al. 2005, Heymsfield et al. 2014, Foote és Du Toit 1969 alapján

Algoritmus „mellékproduktuma” – RIJ detektálás

A RIJ (Rear Inflow Jet) hátoldali, közép- vagy magasszintű beáramlás a zivatarba, amiben a WER-hez hasonlóan gyengébb echók találhatók. Az alacsonyabb szinteken még azonban maradhat konvektív csapadék.







Korlátok

Technikai: Radar szkennelési stratégia – zivatarok látszólagos dőlése erős magassági áramlásnál

Reflektivitás jelek hiánya, vagy hamis jelek: technikai okok miatt is lehet (szűrés, elnyelés, interpoláció, wifi zavarok, stb.). Emiatt a WER algoritmusban alacsony szinteken Z > 0 dBz

Minőségi különbségek egyes radarreflektivitás mérések között, mesterséges változások a radar körzetek átlépésénél, stb.

Meteorológiai: A jelenlegi séma csak 6km feletti zivataroknál képes a WER detektálására, azonban ennél alacsonyabb zivatarfelhőknél is lehetnek WER echók

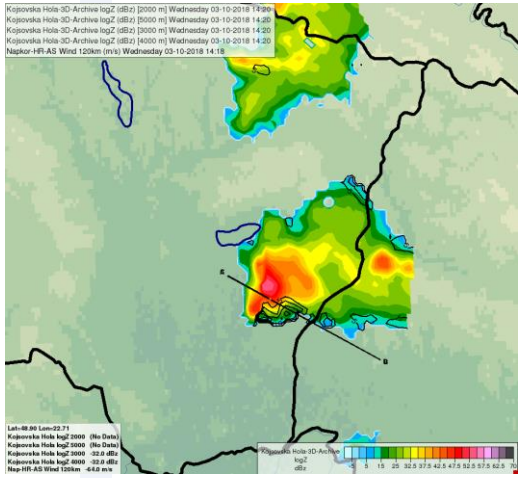
Nem szupercellás zivatarok is képesek WER-hez hasonló echót produkálni, de csak rövid időre (5-10 perc)

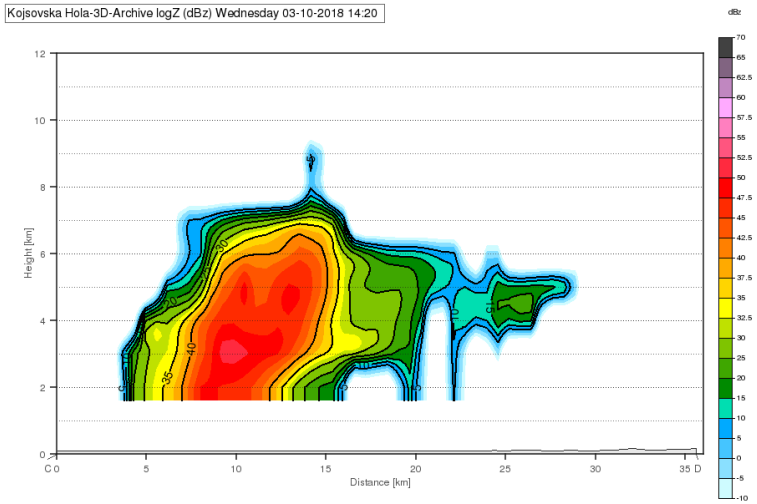
A mezociklon többnyire korábban jelenik meg, mint a WER

WER echó alacsony felhőtető esetén

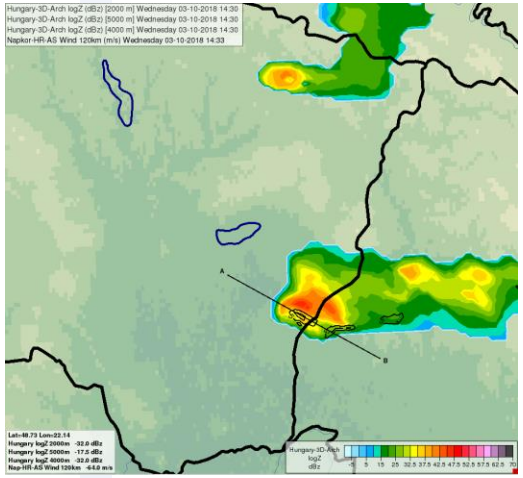
Lekárovce (Szlovákia), tornádós szupercella

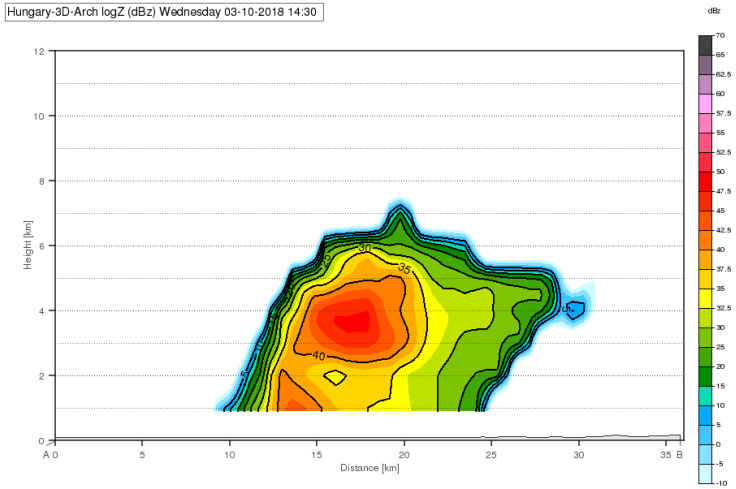
Módosított algoritmusnál ($\overline{Z}_{3,4km}$-$\overline{Z}_{1,2km}$) látható a WER





Kojšovská hoľa – 3D (HAWK-ban elérhető!)





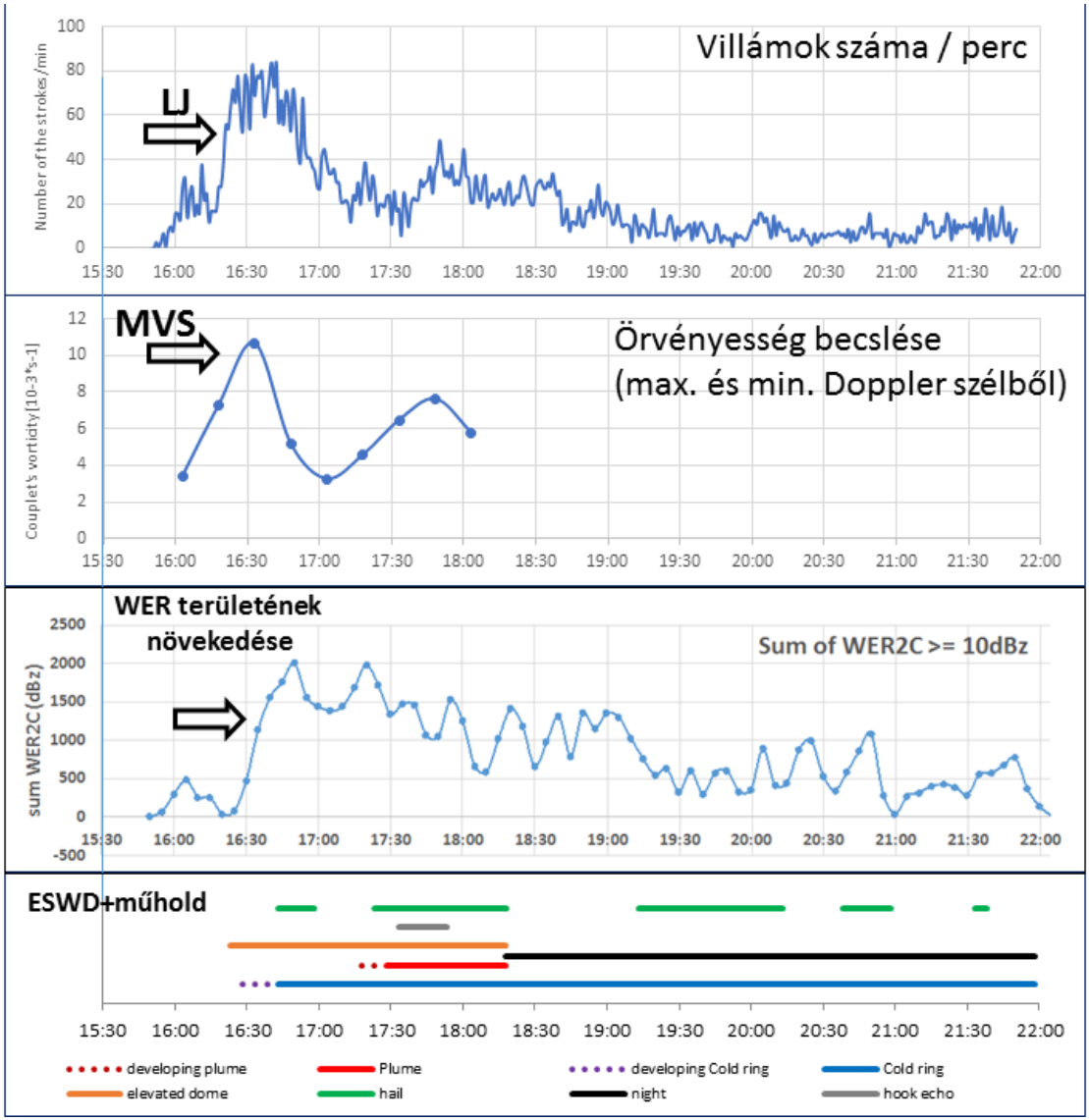
Országos 3D kompozit

További fejlesztési lehetőségek

Automatikus WER/szupercella detekció és nowcasting

WER és WER-ből származtatott paraméterek időbeli és térbeli változásai (összefüggés jégesővel, villámtevékenységgel, stb.)

A 2012.06.09.-i szupercella dél Magyarországon:

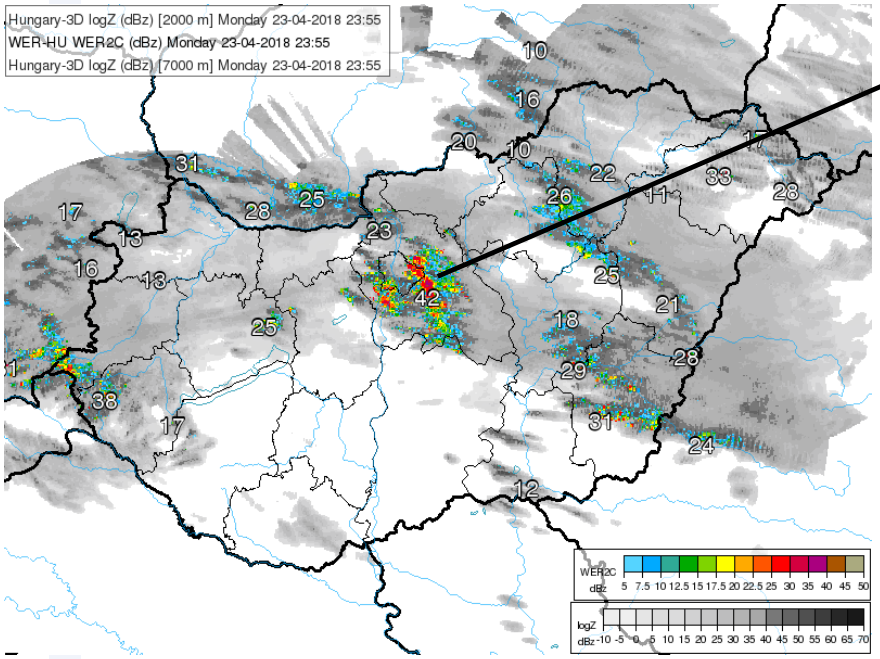


Szupercella-statisztikához

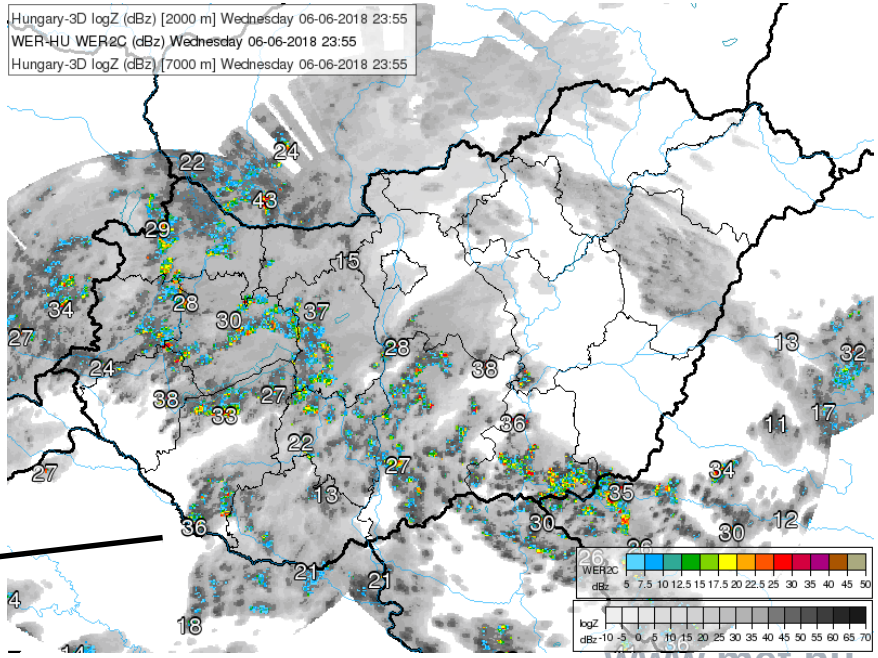
Veszélyes zivatarok követése, és gyakoriságának becslése

24 ó napi WER maximumok a forecasters.met.hu honlapján

Multicelláris eseteknél is kialakulhatnak lokálisan magas WER értékek



Potenciális szupercella pályája



Sok lokális WER maximum (multicellák)

Összefoglalás és javaslatok

A WER2C jelenleg egy paraméter, ami segít a WER echók detektálásánál. A szupercella/multicella szétválasztásához azonban figyelembe kellene venni az echó méreteit és tartósságát.

Statisztikai kiértékelés ismert esetek és Doppler sebesség mérések alapján

Tropopauza magasságának figyelembevétele és finomabb vertikális felbontás kellene. További származtatott paraméterek (pl. WER * Cmax) jégméret előrejelzésre.

Külföldi radarok (pl. SHMÚ) – hasznos lenne a Doppler sebesség adat csere! Nagyobb esély lenne a szupercellák korai detektálására (gyakoriak az ÉNY-DK pályák).

Köszönöm a figyelmet!

Alapítva: 1870