

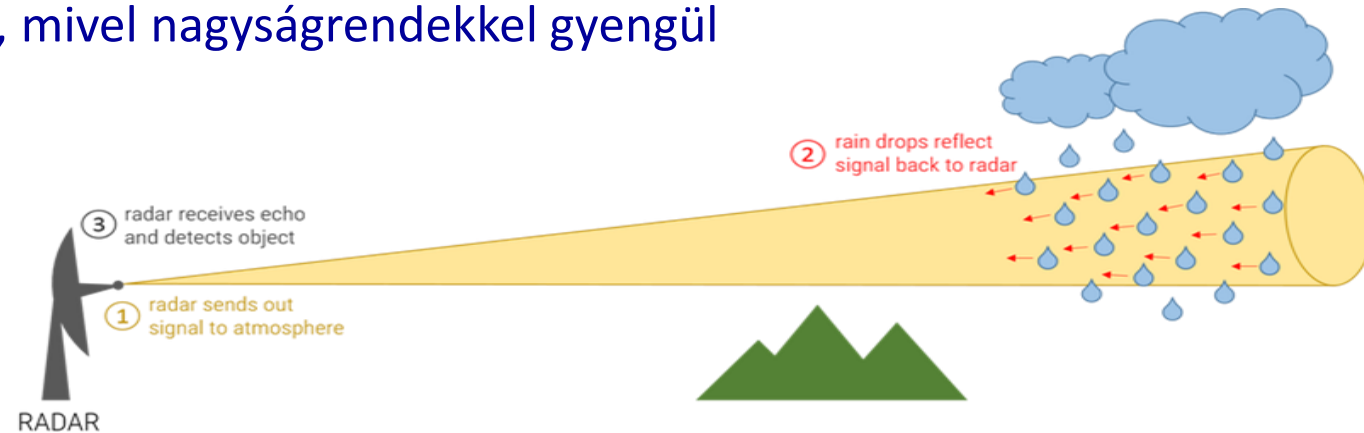
# Időjárási radarok és produktumaik

Hadvári Marianna  
Országos Meteorológiai Szolgálat  
Távérzékelési Osztály

2023. július 05.

# Radio Detection And Ranging

- 1935 - Robert Alexander Watson-Watt – Repülőgépek helyzet-meghatározása
- rádiótechnikai rendszer, mely adó,vevő, antenna és megjelenítő berendezésből áll
- nagy energiájú elektromágneses impulzusokat bocsát ki
- a rádióhullámok a hidrometeorokról (is) visszaverődnek és szóródnak
- A visszaverődések detektálásával információt nyerhetünk a visszaverődést okozó objektumok helyzetéről és tulajdonságairól
- A vett jelet fel kell erősíteni, mivel nagyságrendekkel gyengül



# Radar frekvenciák

Sáv	Frekvencia	Hullámhossz
HF	3-30 MHz	100-10 m
VHF	30-300 MHz	10-1 m
UHF	300-1000 MHz	1-0.3 m
L	1-2 GHz	30-15 cm
S	2-4 GHz	15-8 cm
C	4-8 GHz	8-4 cm
X	8-12 GHz	4-2.5 cm
Ku	12-18 GHz	2.5-1.7 cm
K	18-27 GHz	1.7-1.2 cm
Ka	27-40 GHz	1.2-0.75 cm
V	40-75 GHz	0.75-0.40 cm
W	75-110 GHz	0.40-0.27 cm
mm	110-300 GHz	0.27-0.1 cm

# Időjárási radarok

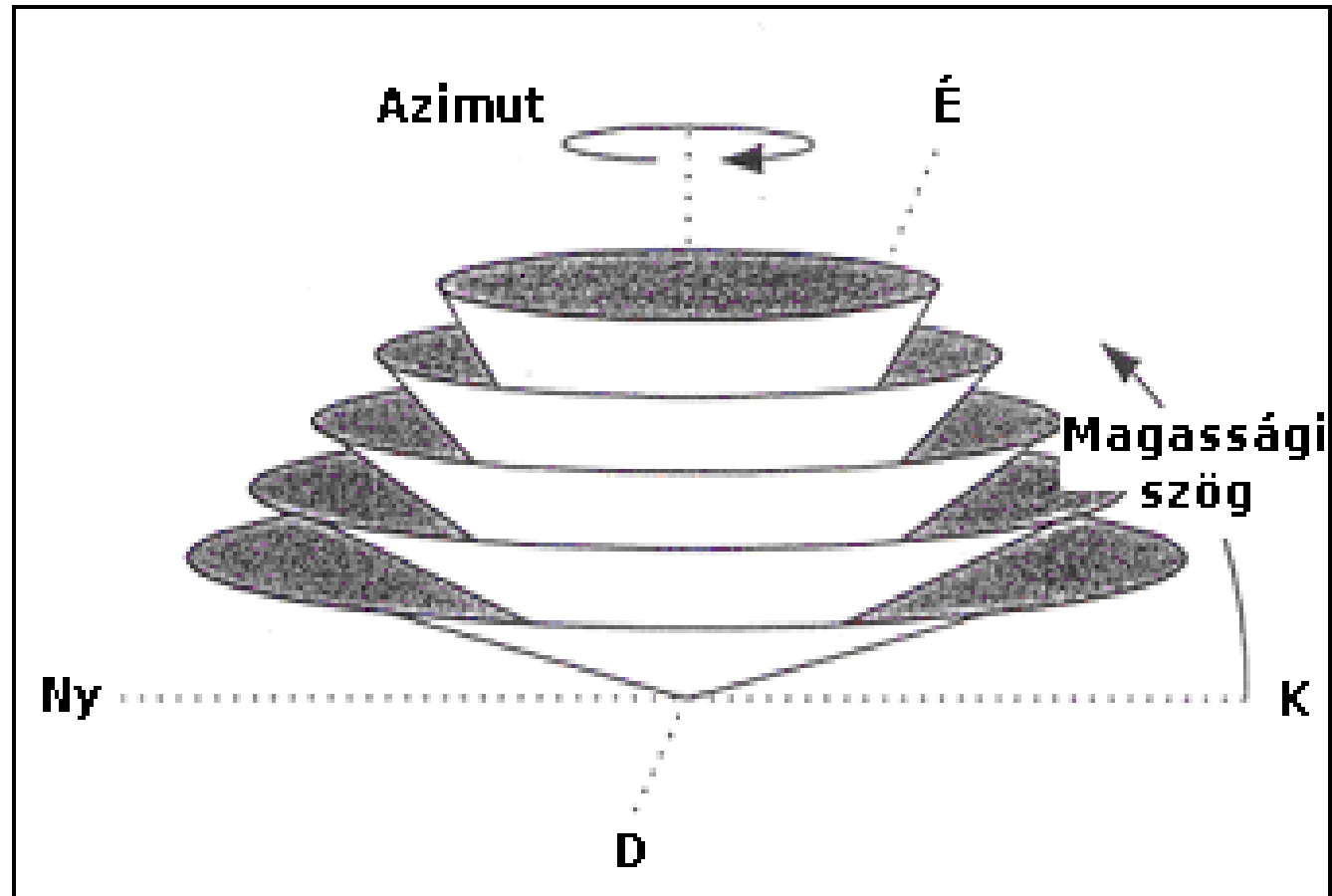
- **A meteorológiai célok közül a radar csak a csapadékelemeket “látja”:**
  - Esőcseppek
  - Hókristályok
  - Hópelyhek
  - Hódara
  - Jégszemek
- **Az apró felhőelemeket NEM “látja”:**
  - Felhőcseppek
  - Apró jégkristályok
- **A visszaverődés mértéke függ az impulzus térfogatban lévő csapadékelemek:**
  - Méretétől
  - Számától
  - Halmazállapotától
  - Egyéb fizikai tulajdonságaitól
- **(Leggyakabban használt) szkennelési módok:**
  - RHI
  - PPI

# Az OMSZ radarhálózata

- 250/500 KW C-band EEC
- sidpol (Simultaneous Dual Polarization)
- Doppler radar
- digital receiver (IQ2)
  
- Reflektivitás mérés:
  - 5 percenként
  - PPI 10 szögön
  
- Szélesség mérés
  - 15 percenként
  - PPI 5 szögön



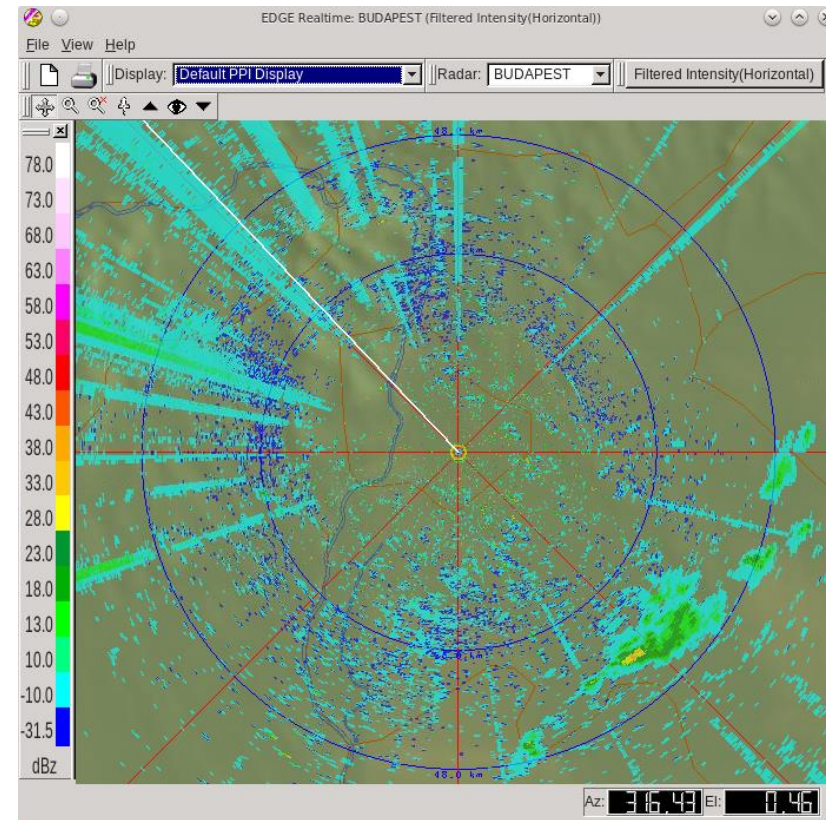
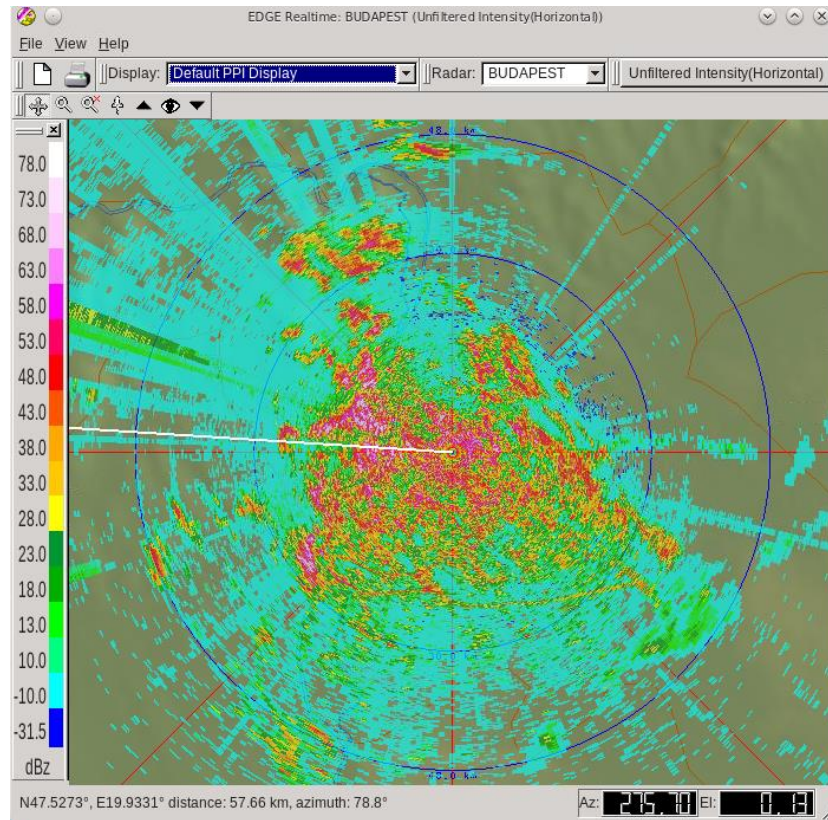
# Mérés több magassági szögön



# Az OMSZ radarhálózatának mérési programja

<b>Mérési feladat</b>	<b>Csapadékmérés</b>	<b>Szélmérés</b>
<b>Mérési ciklus</b>	5 percenként	15 percenként
<b>Hullámhossz</b>	5,5 cm	5,5 cm
<b>Impulzusismétlési frekvencia</b>	600 Hz	1180 Hz
<b>Impulzushossz</b>	0,8 $\mu$ s	0,8 $\mu$ s
<b>Max. mérési távolság</b>	240 km	120 km
<b>Minta szám</b>	36	70
<b>Doppler mérés</b>	Igen	Igen
<b>Polarizáció</b>	Duál polarizációs	Horizontális
<b>Mért adatok</b>	Z, V <sub>r</sub> , Z <sub>DR</sub> , K <sub>DP</sub> , $\Phi_{DP}$	Z, V <sub>r</sub>
<b>Magassági szög (°)</b>	0,0; 0,5; 1,1; 1,9; 3,0; 4,7; 7,0; 10,0; 14,2; 20,0	1,1; 1,9; 3,0; 6,5; 14,0

# Doppler elv alkalmazása → talajcélészűrés

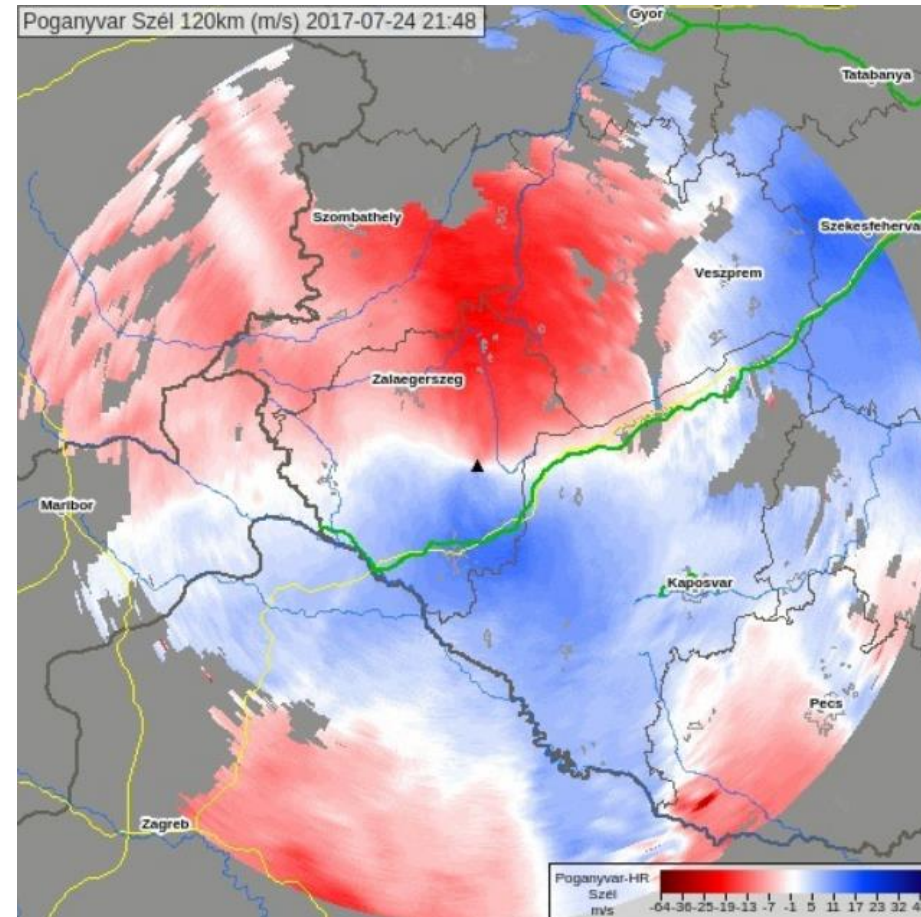


- A mozgó célokról visszaverődő elektromágneses hullám frekvenciája megváltozik
- A nem mozgó célok reflexióit meg tudjuk különböztetni a csapadékról visszavert jelektől



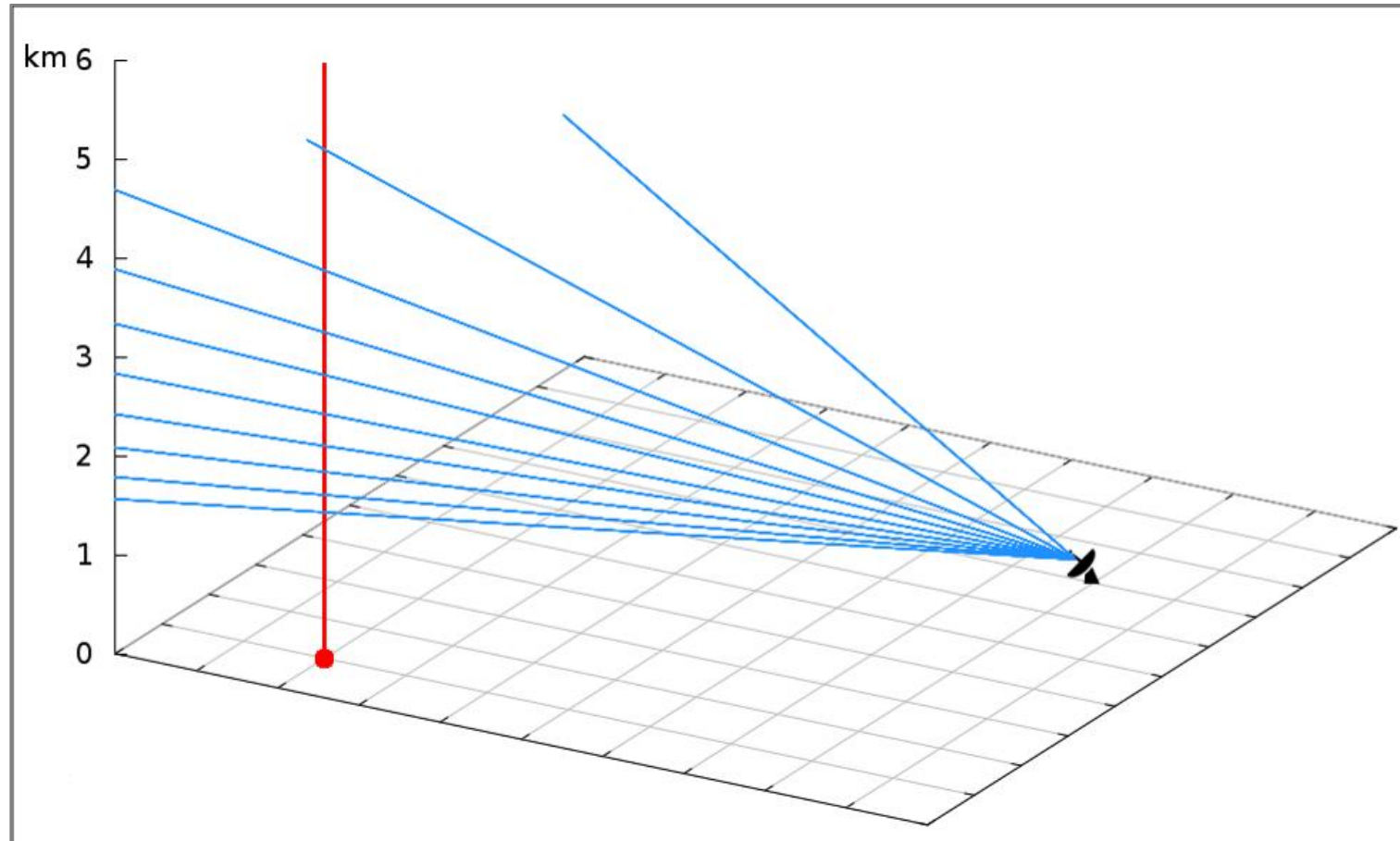
# Doppler elv alkalmazása, sebességmérés

A mozgó célról  
visszavert  
fáziskülönbség  
arányos a visszaverő  
objektum radarhoz  
képesti sebességével



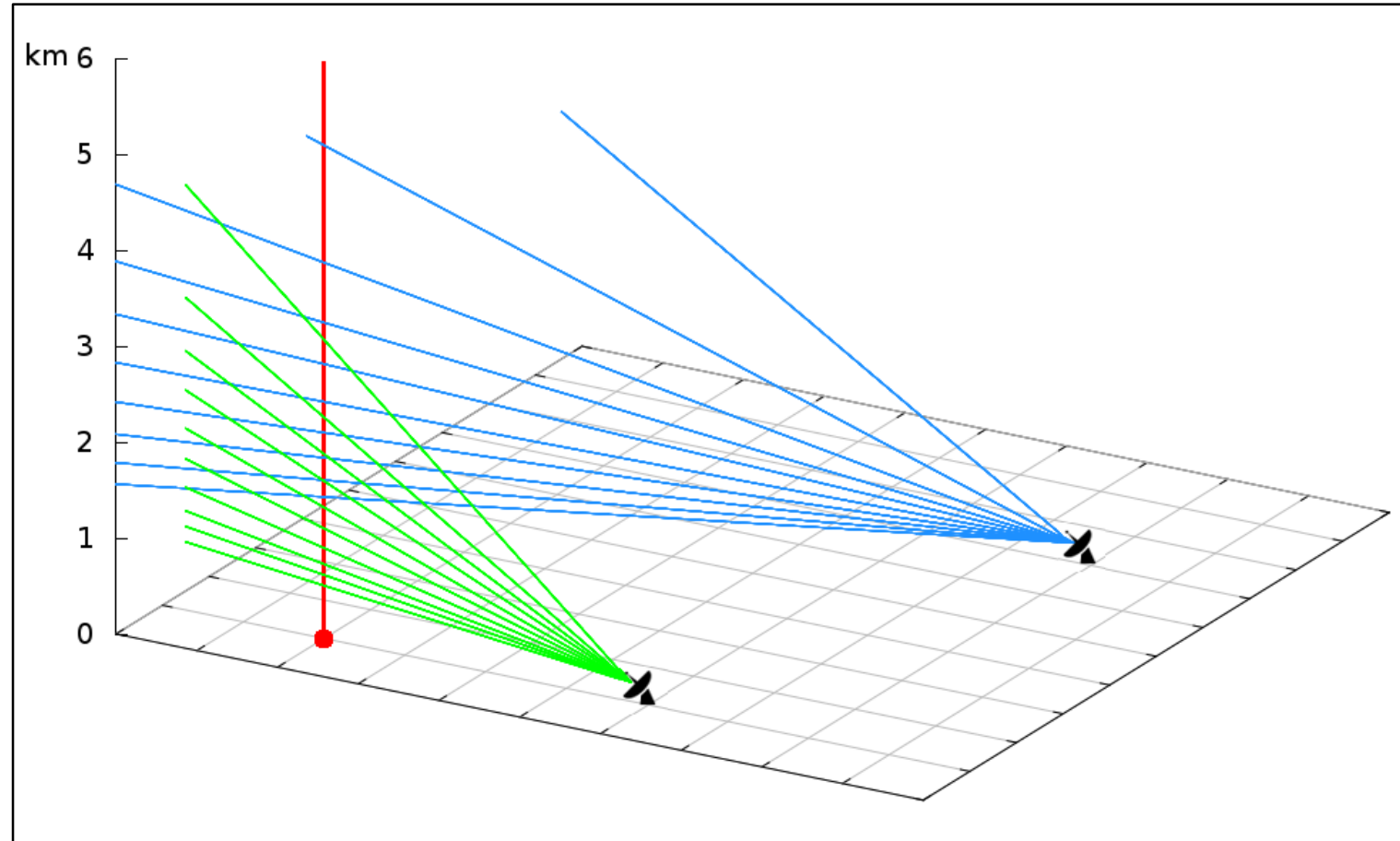
# Produktumok

- Oszlopmaximum (C<sub>MAX</sub>)



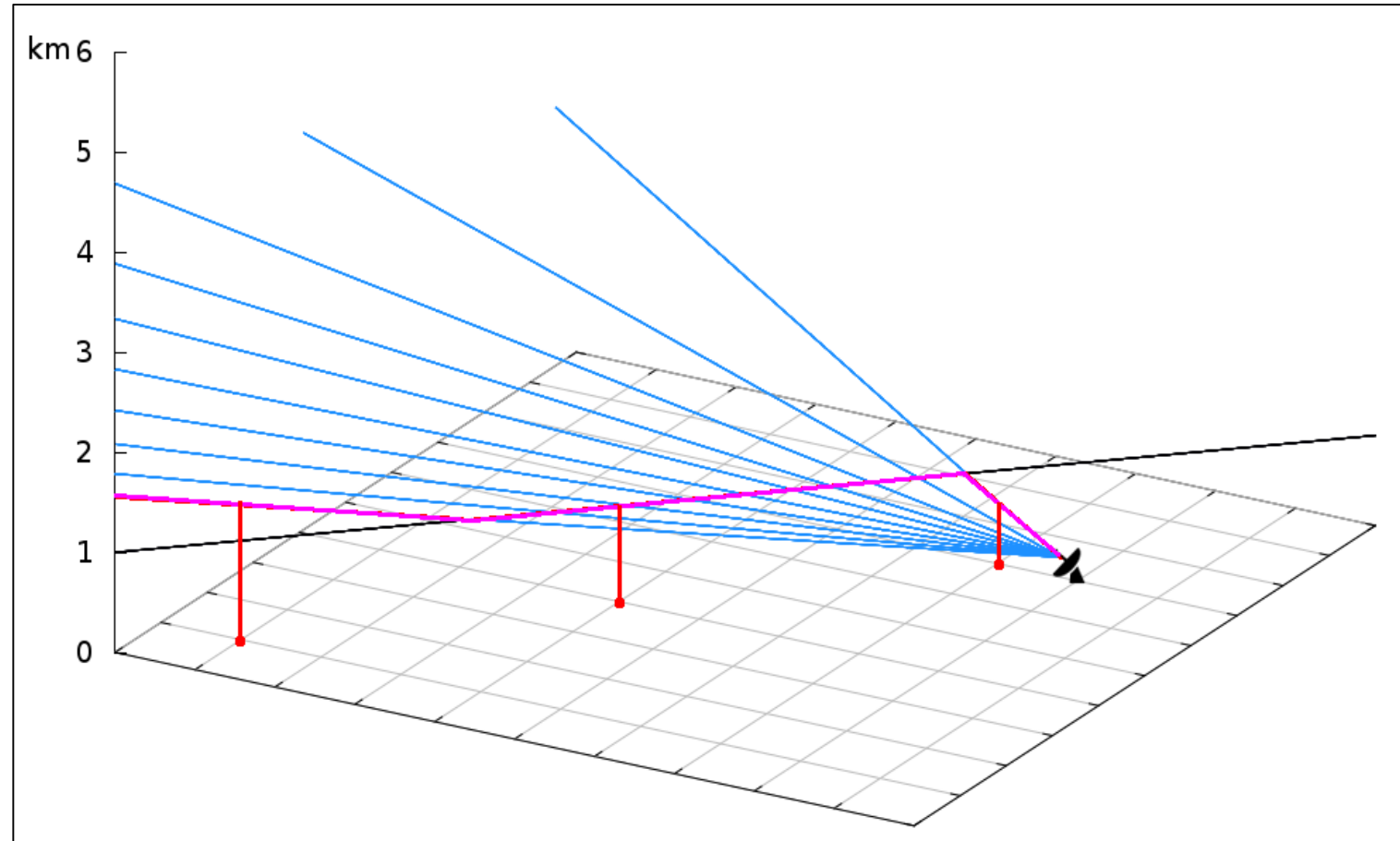
# Produktumok

- Kompozit CMAX



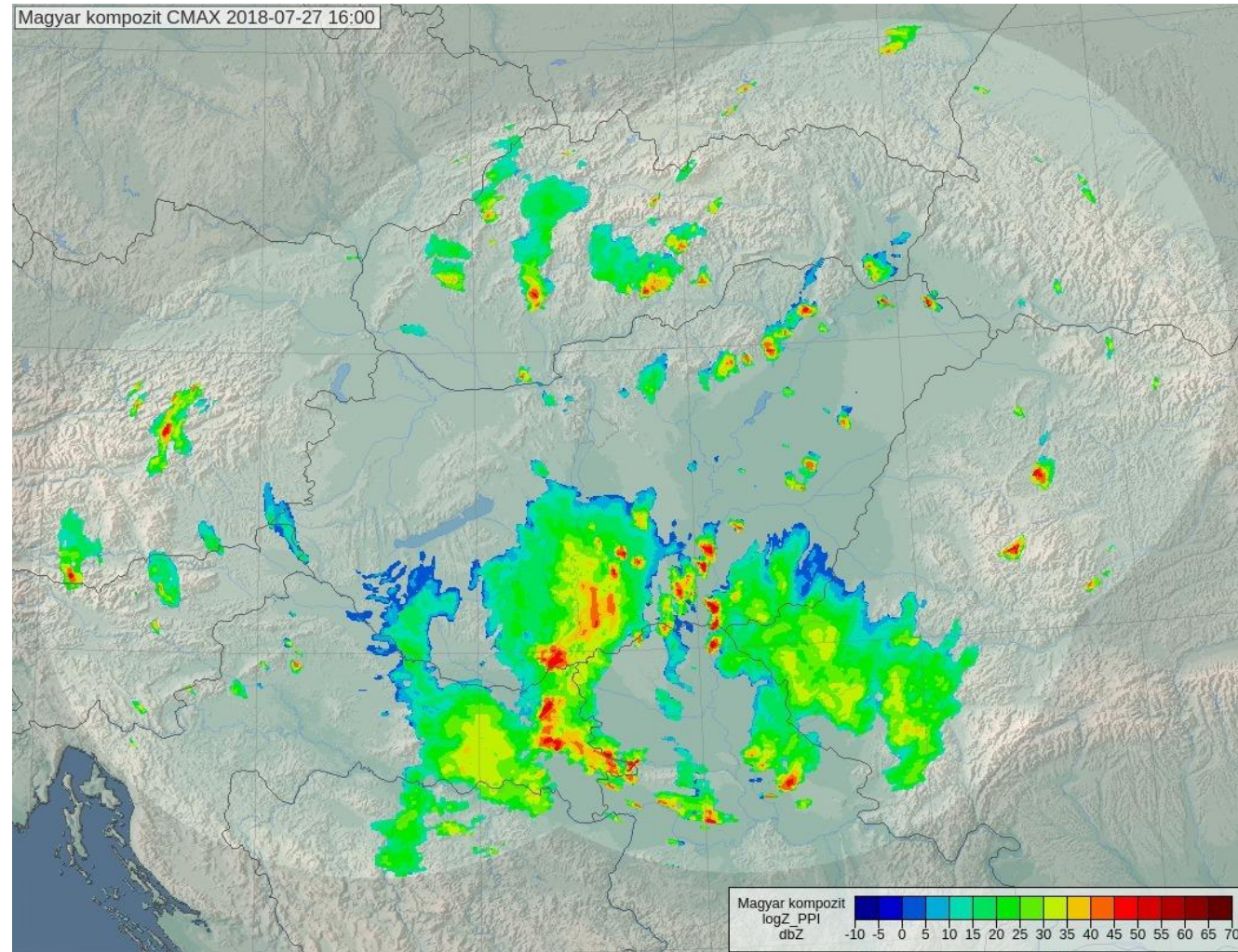
# Produktumok

- PseudoCAPPI



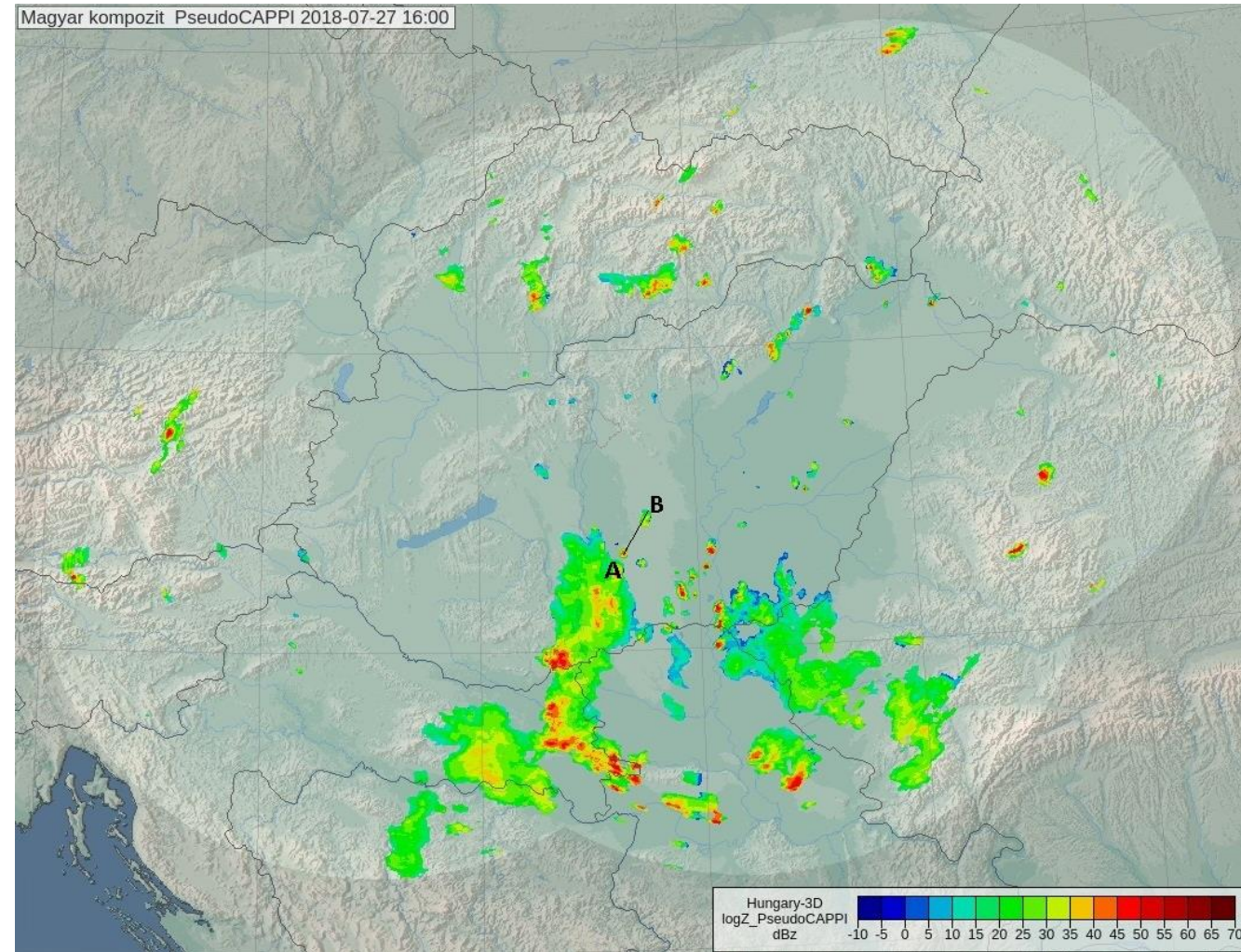
# PseudoCAPPI vs. CMAX

- Kompozit CMAX



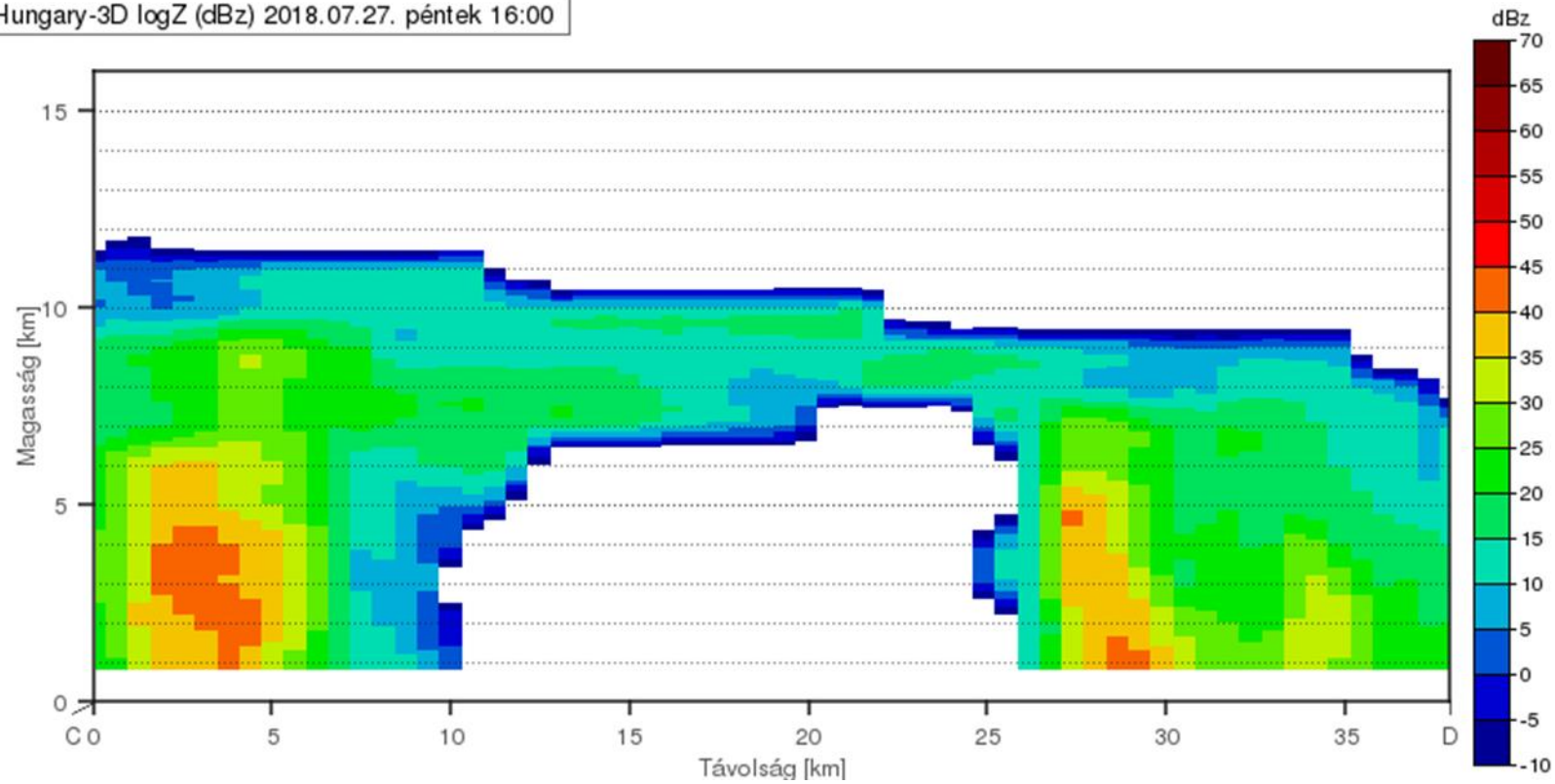
# PseudoCAPPI vs. CMAX

- Kompozit PseudoCAPPI



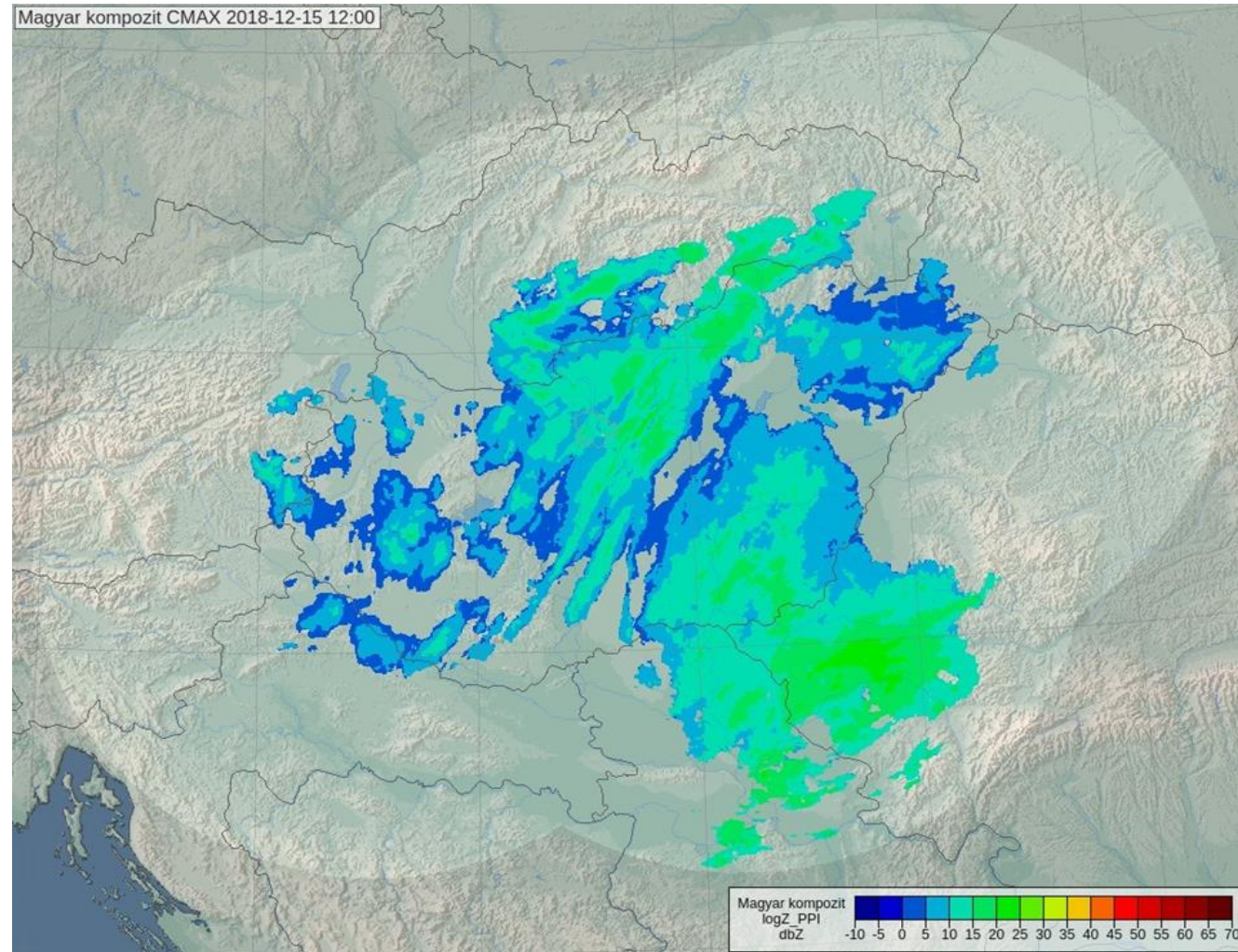
# PseudoCAPPI vs. CMAX

Hungary-3D logZ (dBz) 2018.07.27. péntek 16:00



# PseudoCAPPI vs. CMAX

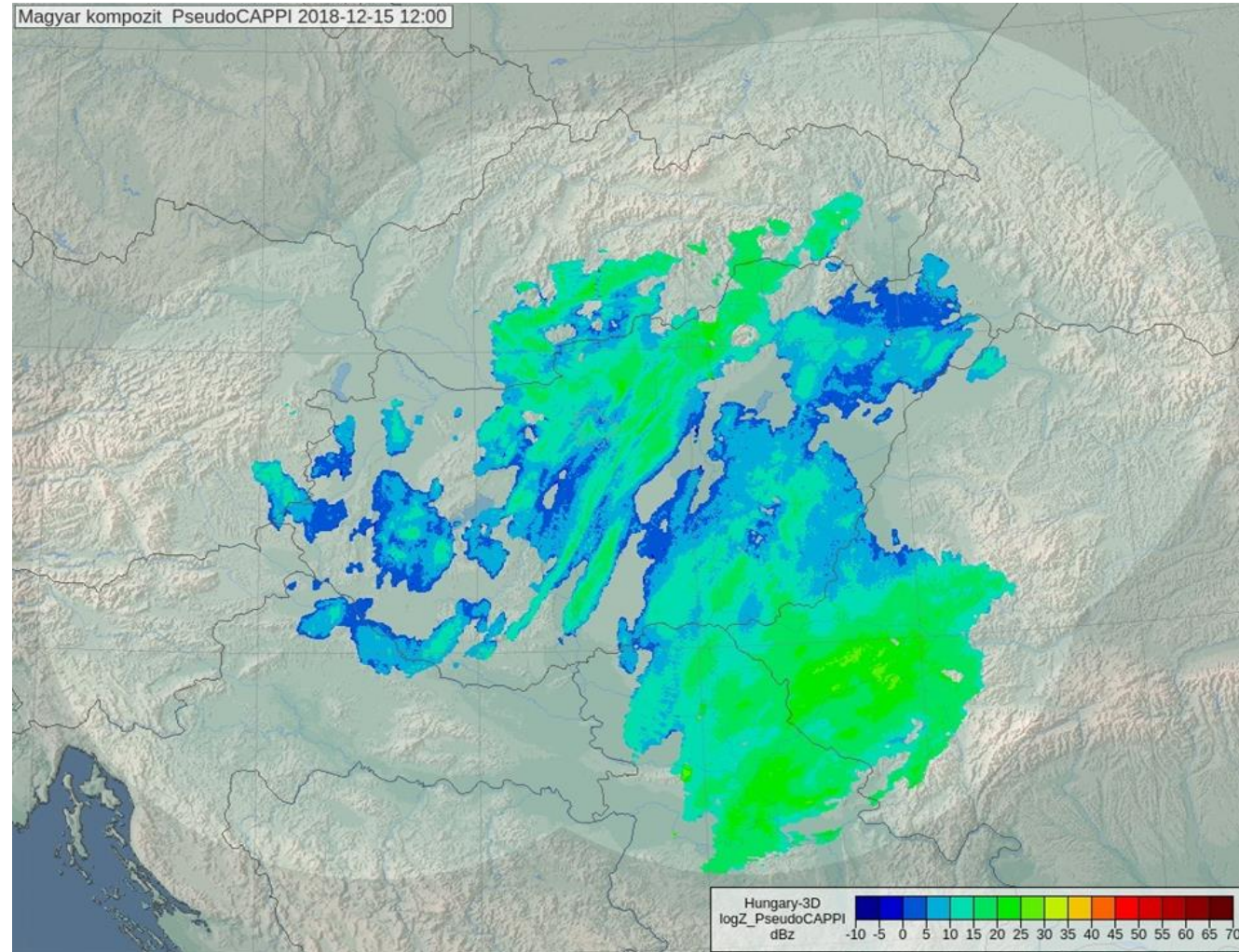
- Kompozit CMAX





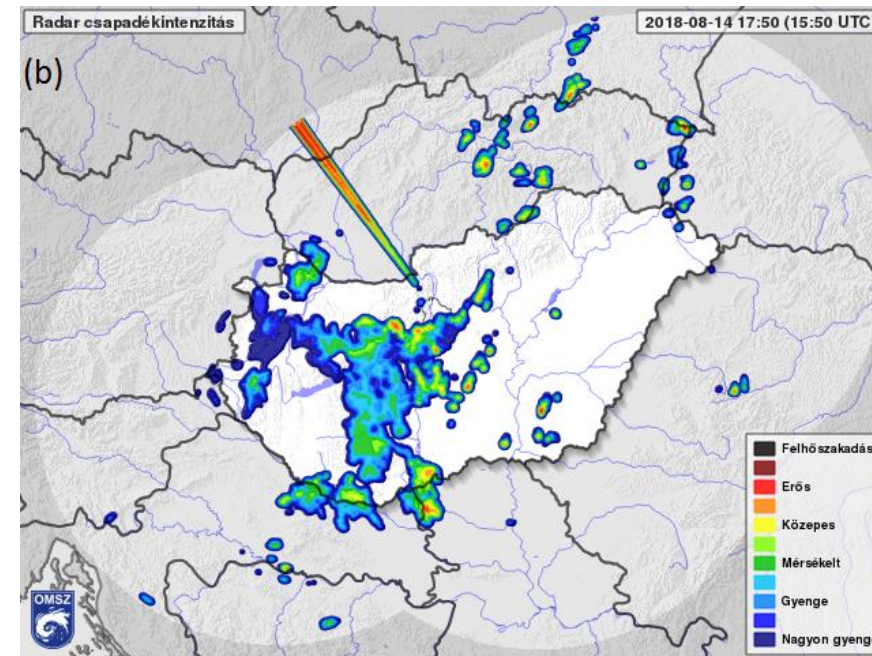
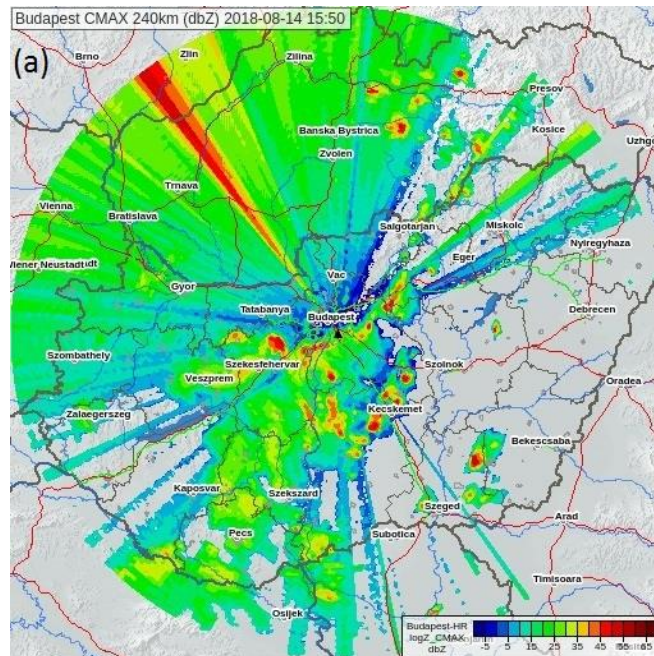
# PseudoCAPPI vs. CMAX

- Kompozit PseudoCAPPI



# A radarmérések pontosságát rontó hatások

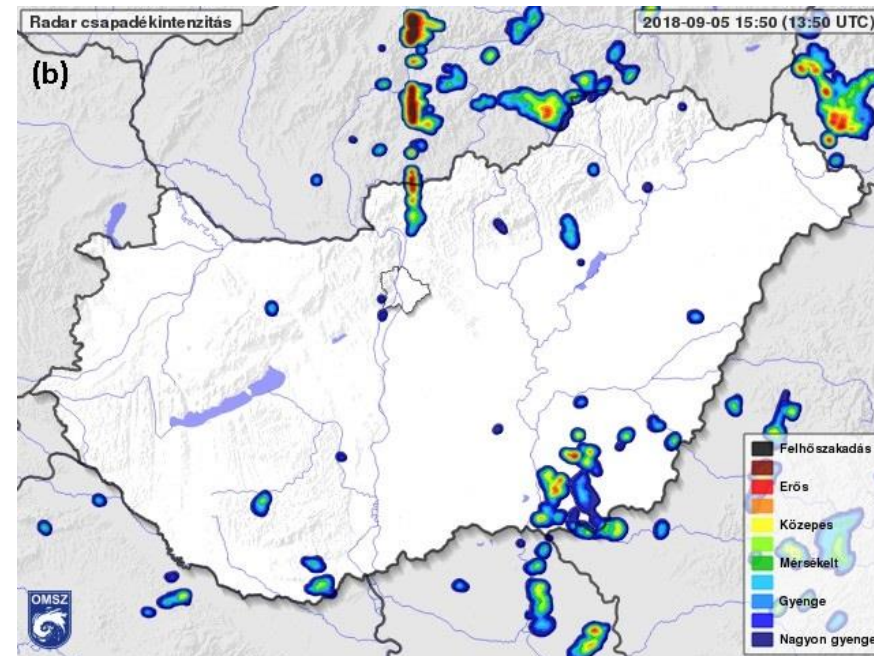
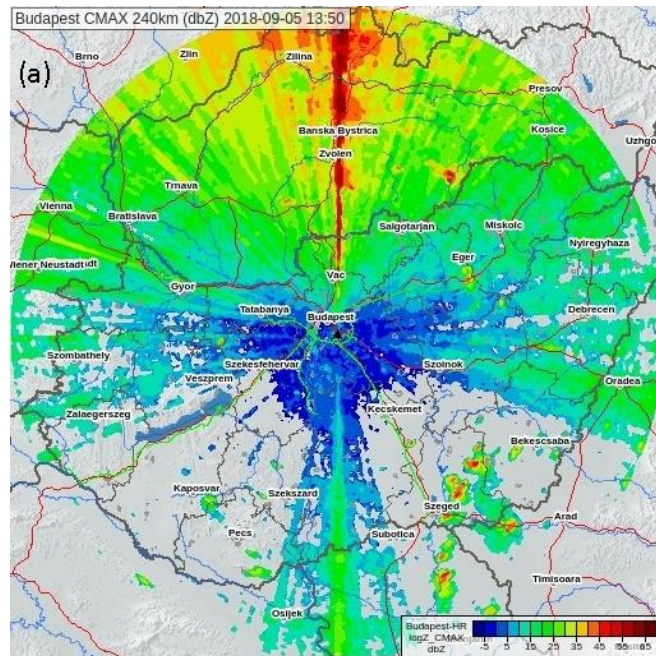
## Wlan zavarok 1



2018. augusztus 14. 15:50 UTC-kor készült budapesti szűretlen reflektivitás kép (a) és a honlapon is megjelenített, szűrt, kompozit csapadékintenzitás térkép (b). Az északnyugati irányból érkező nagyon erős WLAN zavart a szűrők nem tudták eltávolítani a képről.

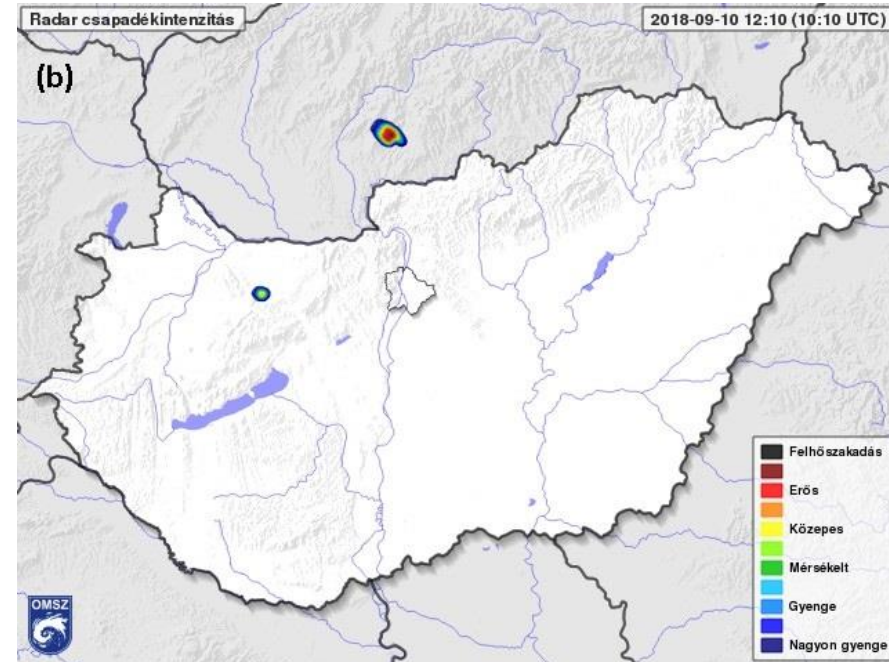
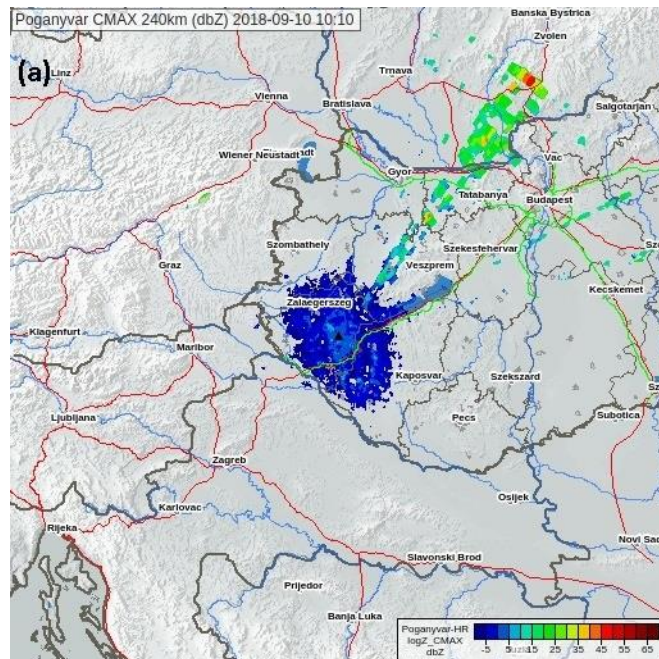
# A radarmérések pontosságát rontó hatások

## Wlan zavarok 2



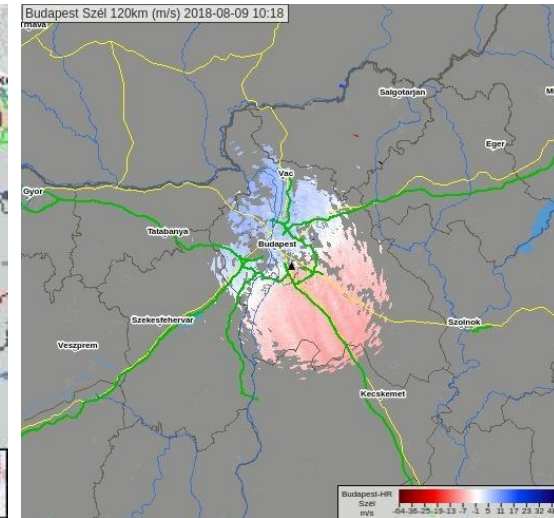
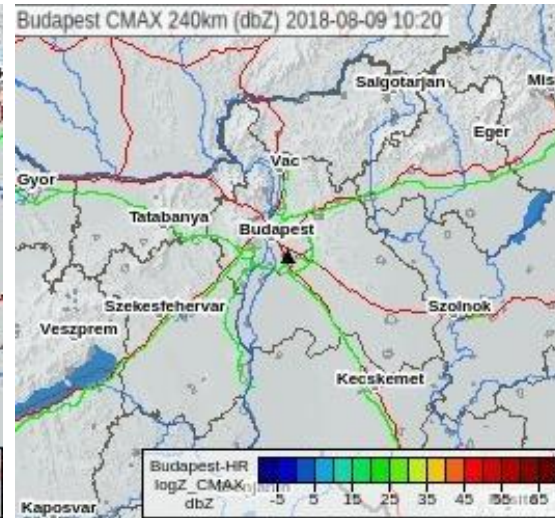
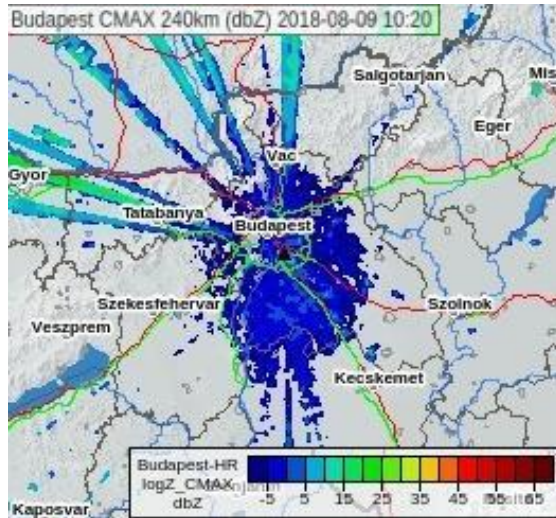
# A radarmérések pontosságát rontó hatások

## Wlan zavarok 3



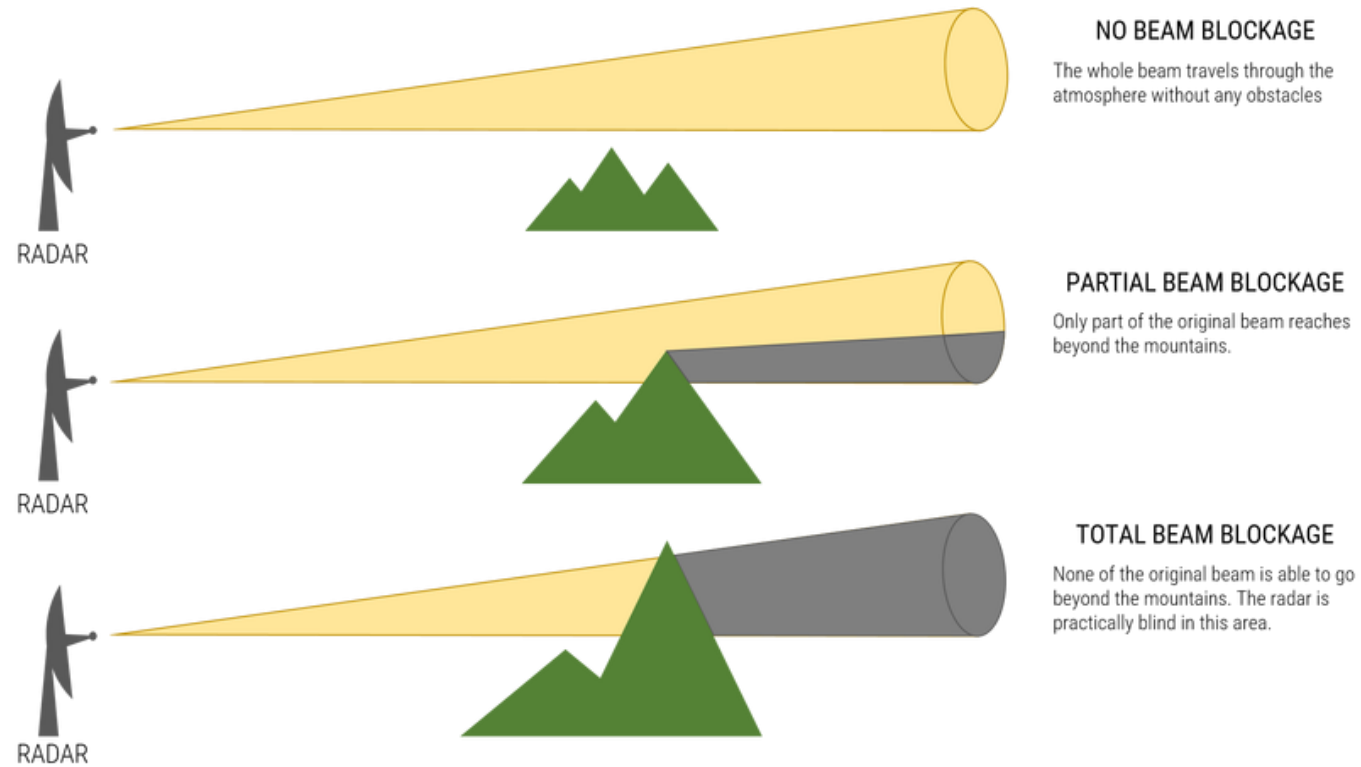
# A radarmérések pontosságát rontó hatások

## Clear Air Echo



# A radarmérések pontosságát rontó hatások

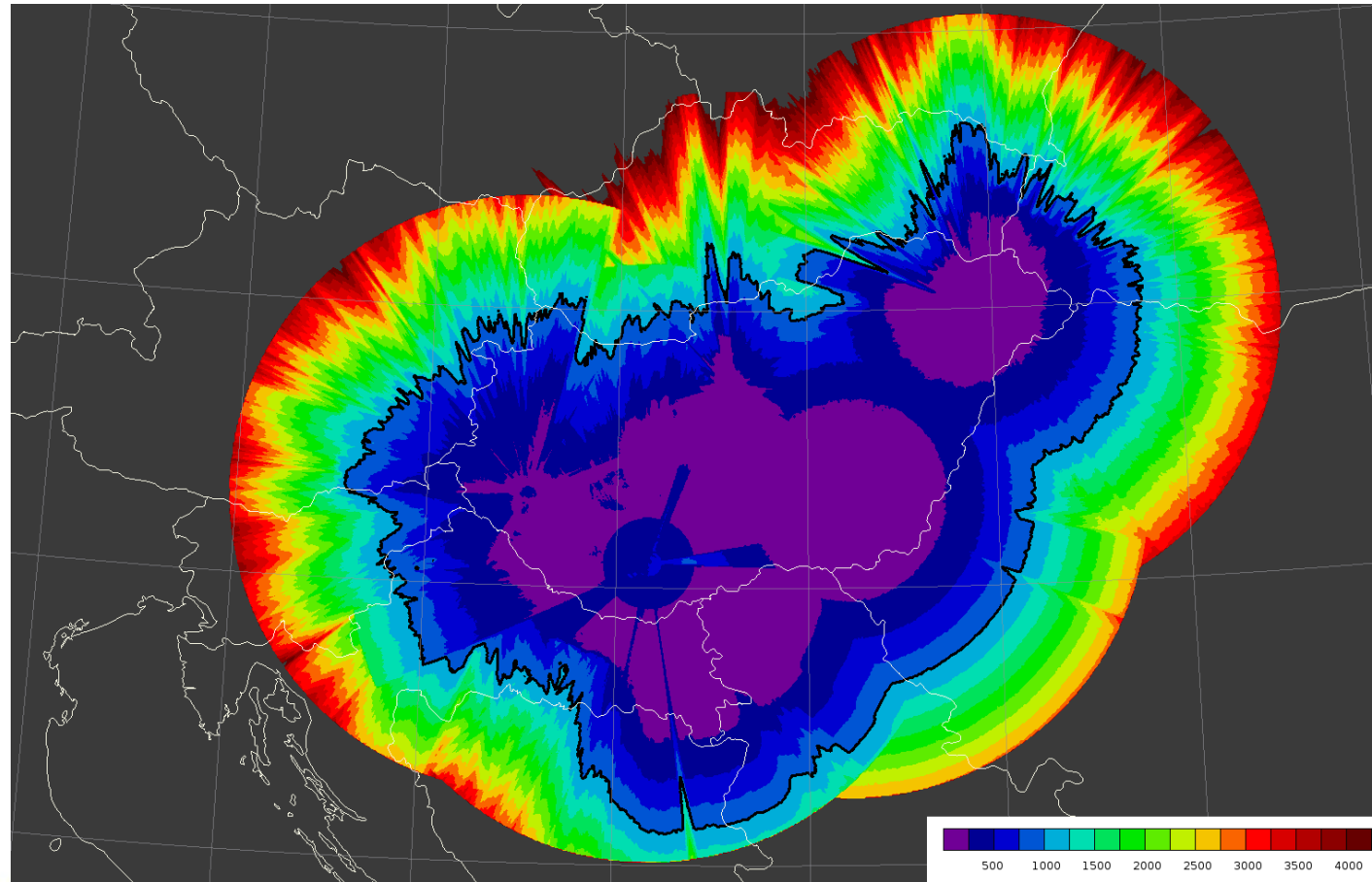
## Domborzat árnyékoló hatása



# A radarmérések pontosságát rontó hatások

Föld görbülete okozta hatás

<250 -1500m

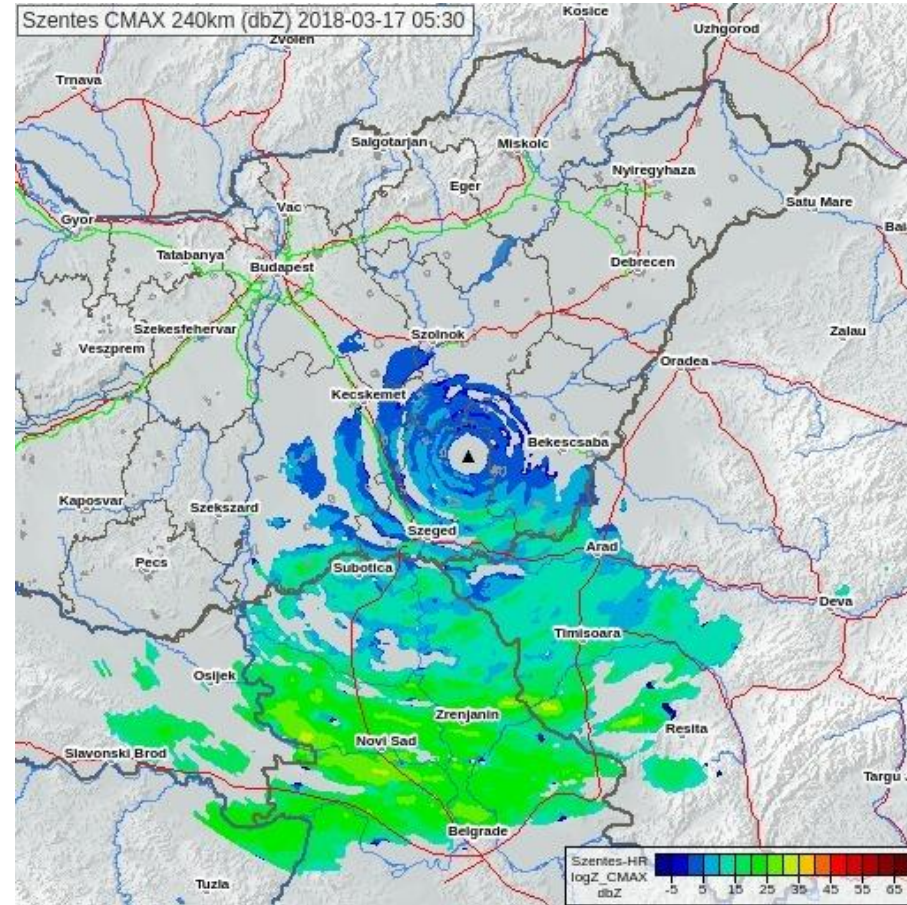


Szentes

	0.000
	-----
10	0.130
20	0.148
30	0.177
40	0.218
50	0.271
60	0.336
70	0.412
80	0.501
90	0.601
100	0.713
110	0.836
120	0.972
130	1.118
140	1.278
150	1.448
160	1.631
170	1.825
180	2.031
190	2.248
200	2.478
210	2.719
220	2.972
230	3.237
240	3.514

# A radarmérések pontosságát rontó hatások

Olvadási réteg megjelenése a radarképeken





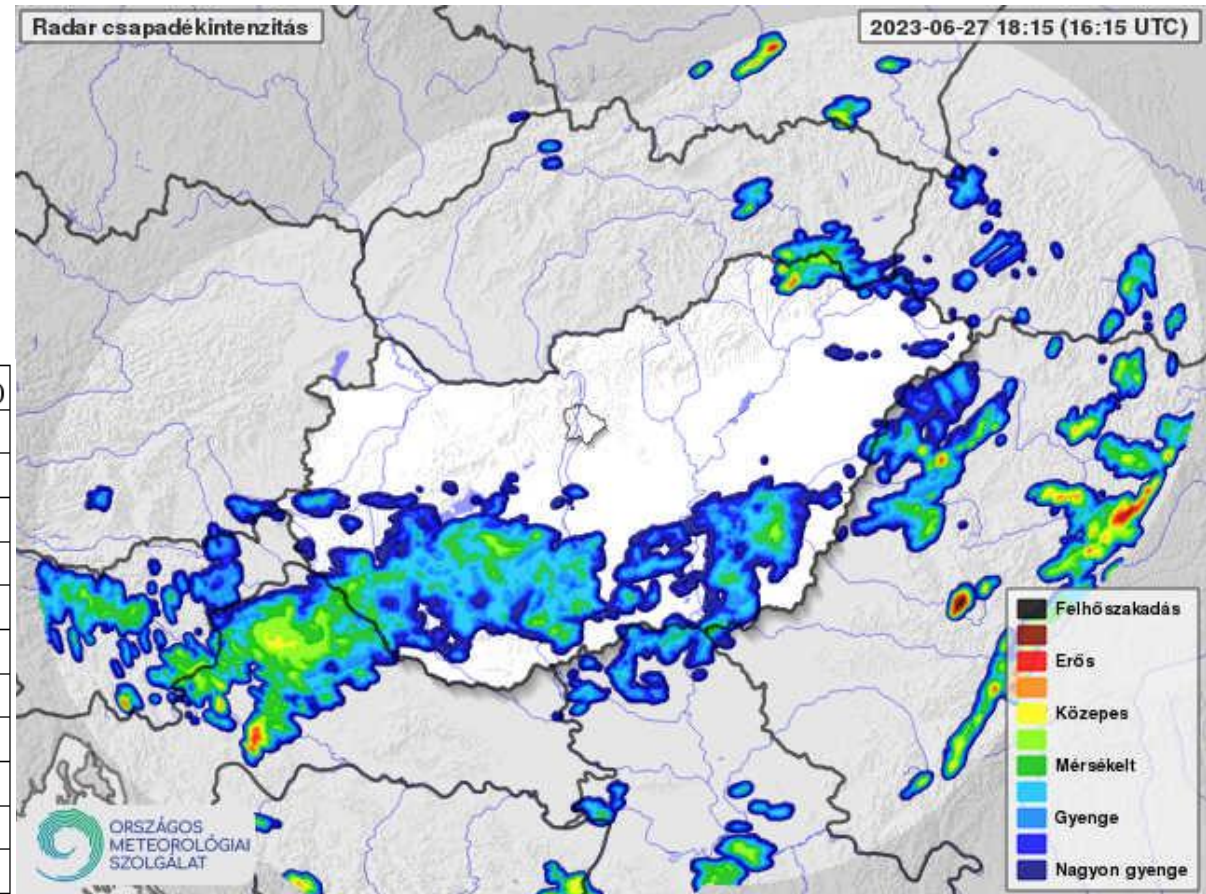
# Ekvivalens csapadékintenzitás

Radar (dBz)	Eső (mm/h)
- 10.0	0.01
- 5.0	0.02
0.0	0.04
5.0	0.07
10.0	0.15
15.0	0.30
20.0	0.70
25.0	1.30
30.0	2.70
35.0	5.60
40.0	11.50
45.0	24.00
50.0	48.00
55.0	100.00
60.0	205.00

Marshall-Palmer formula:

$$Z = 200R^{1,6}$$

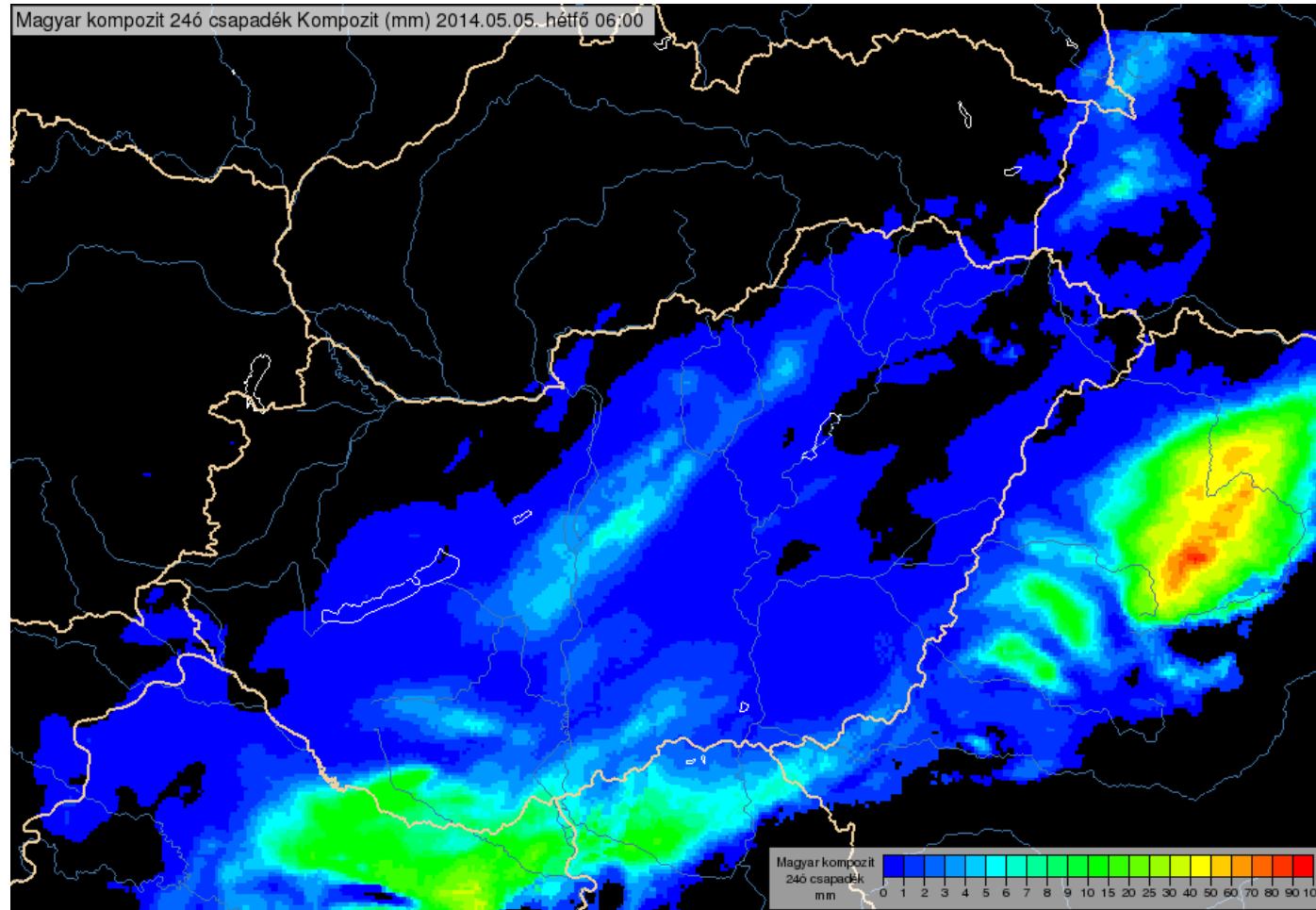
	Csapadékintenzitás (mm/h)
■ Felhőszakadás	100<
■	48,6-100
■ Erős	23,7-48,6
■	11,5-23,7
■ Közepes	5,6-11,5
■	2,7-5,6
■ Mérsékelt	1,3-2,7
■	0,6-1,3
■ Gyenge	0,3-0,6
■	0,15-0,3
■ Nagyon gyenge	0,02-0,15



# Csapadékösszegzés

- Nagy területről jó felbontással van intenzitás értékünk
- Az intenzitás időbeli összegzésével a csapadékmennyiség meghatározható
- A diszkrét időpontok miatt hibával terhelt,
- ami függ a csapadékrendszer:
  - Időbeli fejlődésének ütemétől
  - Térbeli távolságától
  - Mozgásának sebességétől
- A csapadékrendszer áthelyeződési sebességének meghatározásával időben sűrűbb csapadékintenzitás képeket állítunk elő
- Korrigálás a felszíni csapadékmérőkkel
- 3,6,12,24 óránként

# Csapadékösszegzés



# Duál-polarizációs mérések

- Differenciális reflektivitás:

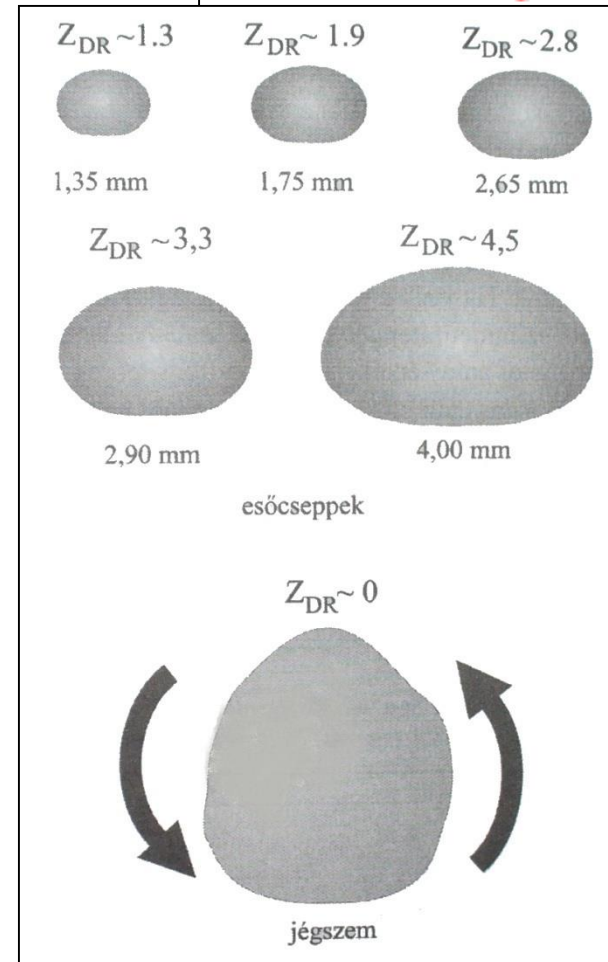
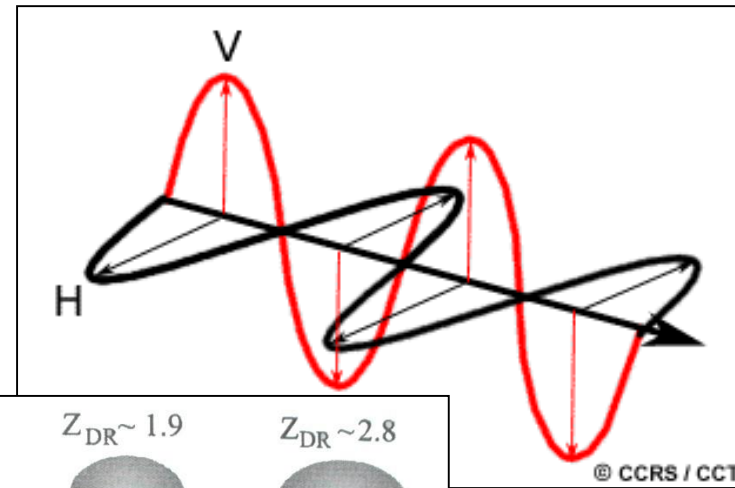
$$Z_{DR} = 10 \log \left( \frac{Z_{HH}}{Z_{VV}} \right) \quad [\text{dB}]$$

- Differenciális visszaverődési fázisszög:

$$\Phi_{DP}(\mathbf{r}) = \Phi_H(\mathbf{r}) - \Phi_V(\mathbf{r}) \quad [^\circ]$$

- Specifikus fázisszög változás:

$$K_{DP} = \frac{\Phi_{DP}(\mathbf{r}_1) - \Phi_{DP}(\mathbf{r}_2)}{2(\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1)} \quad [^\circ/\text{km}]$$



Horizontálisan (H) és vertikálisan (V) polarizált elektromágneses hullám.



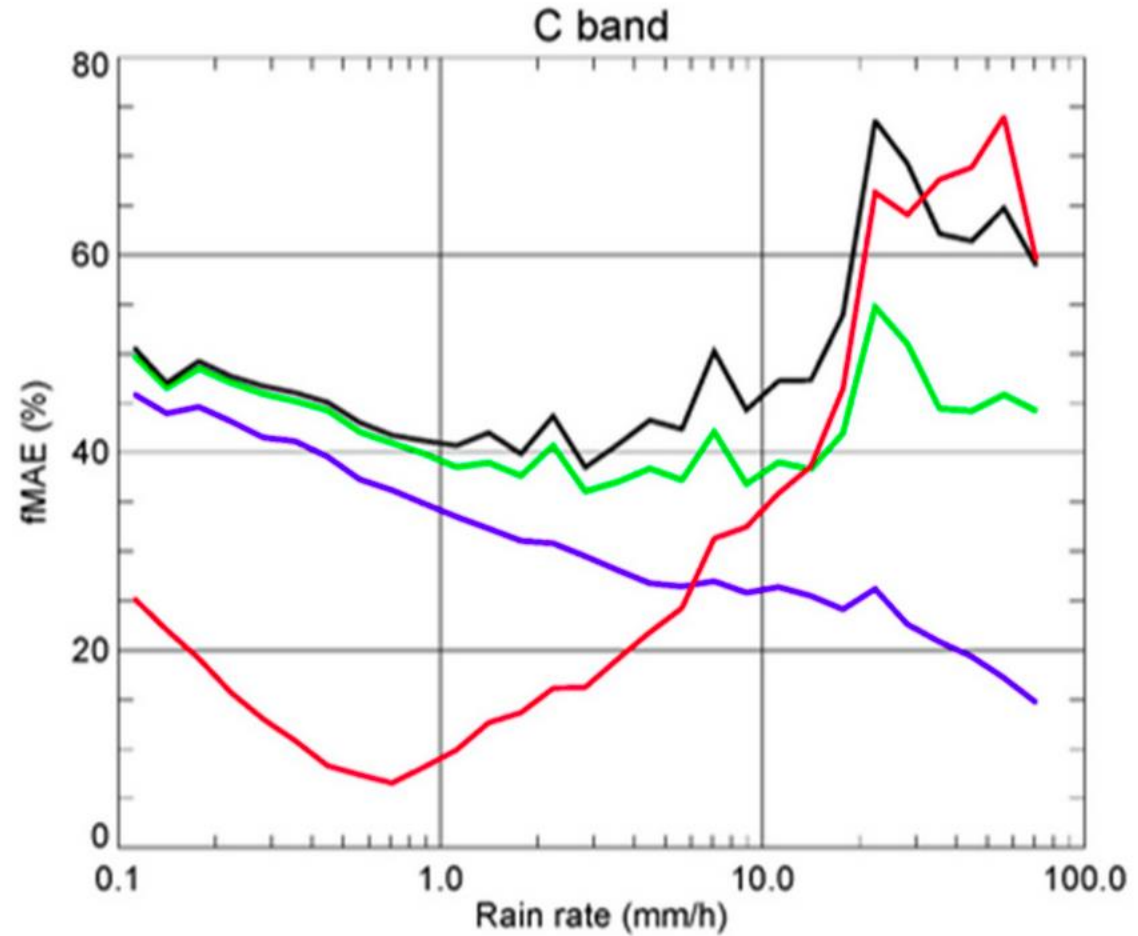
$Z_{DR}$  függése a cseppmérettől és a jégszem alakjától.

# Felhasználásuk:

- Jelenleg:
  - Szűrő algoritmusok
    - RLAN zavarok ( $Z_{DR}$ )
    - Clear Air Echo ( $Z_{DR}, \rho_{HV}$ )
    - Chaff ( $Z_{DR}, \rho_{HV}, \phi_{DP}$ )
    - Bright Band ( $\rho_{HV}$  - nem operatív)
  - Gyengülési korrekció ( $\phi_{DP}$ )
- Jövőben:
  - Hidrometeor klasszifikáció ( $Z_{DR}, \rho_{HV}, KDP$ )
  - Csapadékmennyiség becslés pontosítása ( $Z_{DR}, KDP$ )

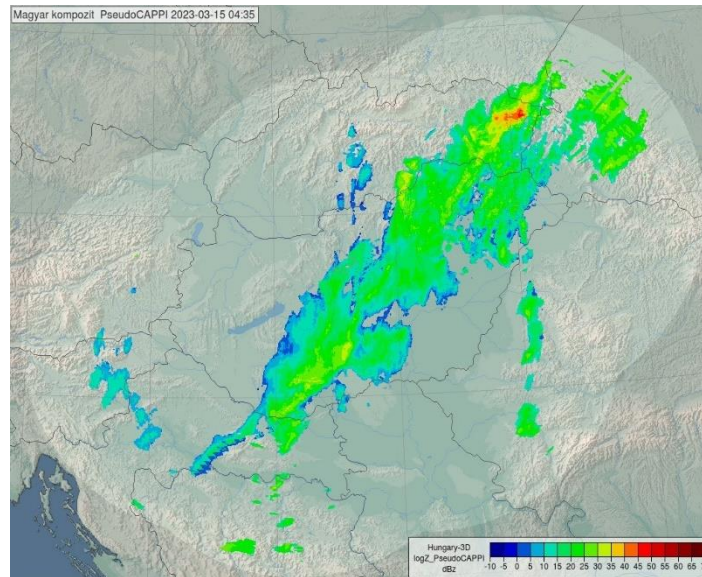
# Radaros csapadékbecslés abszolút hibája különböző módszerek esetén

- Fekete - R(Z)
- Zöld – R (Z, ZDR)
- Kék – R (KDP)
- Piros – R(A)



# ZDR kalibrációs mérések

- Óránként egy mérés
- 20 km-es hatótávban, 125 méterenként
- Antenna kvázi függőlegesen( 88 fokon)
  - A cseppeket alulról látjuk,  $Z_{HH}$  és  $Z_{VV}$  között minimális különbség
  - kicsi ZDR (0 +/- 0,1)



HAR202303150358	
Magasság (km)	ZDR átlag
0.63	2.40
0.75	5.26
0.88	2.19
1.00	0.34
1.13	0.45
1.25	0.26
1.38	0.29
1.50	0.34
1.63	0.38
1.75	0.42
1.88	0.47
2.00	0.49
2.13	0.47
2.25	0.50
2.38	0.54
2.50	0.63
2.63	0.60
2.75	0.58
2.88	0.63
3.00	0.51
3.13	0.54
3.25	0.60
3.38	0.65
3.50	0.63
3.63	0.69
3.75	0.68
3.88	0.69
4.00	0.62
4.13	0.69
4.25	0.72
4.38	NAN
4.50	NAN
4.63	NAN
4.75	NAN
4.88	NAN
5.00	NAN

BUD202303150358	
Magasság (km)	ZDR átlag
0.16	NAN
0.29	NAN
0.41	NAN
0.54	-2.60
0.66	-1.02
0.79	-1.44
0.91	1.45
1.04	3.04
1.16	5.11
1.29	5.07
1.41	3.93
1.54	5.23
1.66	NAN
1.79	NAN
1.91	NAN
2.04	NAN
2.16	2.37
2.29	NAN
2.41	1.24
2.54	1.14
2.66	1.10
2.79	0.97
2.91	1.03
3.04	1.10
3.16	1.30
3.29	1.07
3.41	1.03
3.54	0.86
3.66	0.97
3.79	1.01
3.91	0.91
4.04	0.94
4.16	NAN
4.29	1.03
4.41	0.96
4.54	0.94

NAP202303150358	
Magasság (km)	ZDR átlag
0.15	8.00
0.28	8.00
0.40	8.00
0.53	8.00
0.65	8.00
0.78	8.00
0.90	8.00
1.03	8.00
1.15	8.00
1.28	8.00
1.40	8.00
1.53	8.00
1.65	8.00
1.78	8.00
1.90	8.00
2.03	8.00
2.15	8.00
2.28	8.00
2.40	8.00
2.53	8.00
2.65	8.00
2.78	8.00
2.90	8.00
3.03	8.00
3.15	8.00
3.28	8.00
3.40	8.00
3.53	8.00
3.65	8.00
3.78	7.99
3.90	7.99
4.03	7.96
4.15	7.91
4.28	7.84
4.40	7.68
4.53	7.52

# Gyengülési korrekció

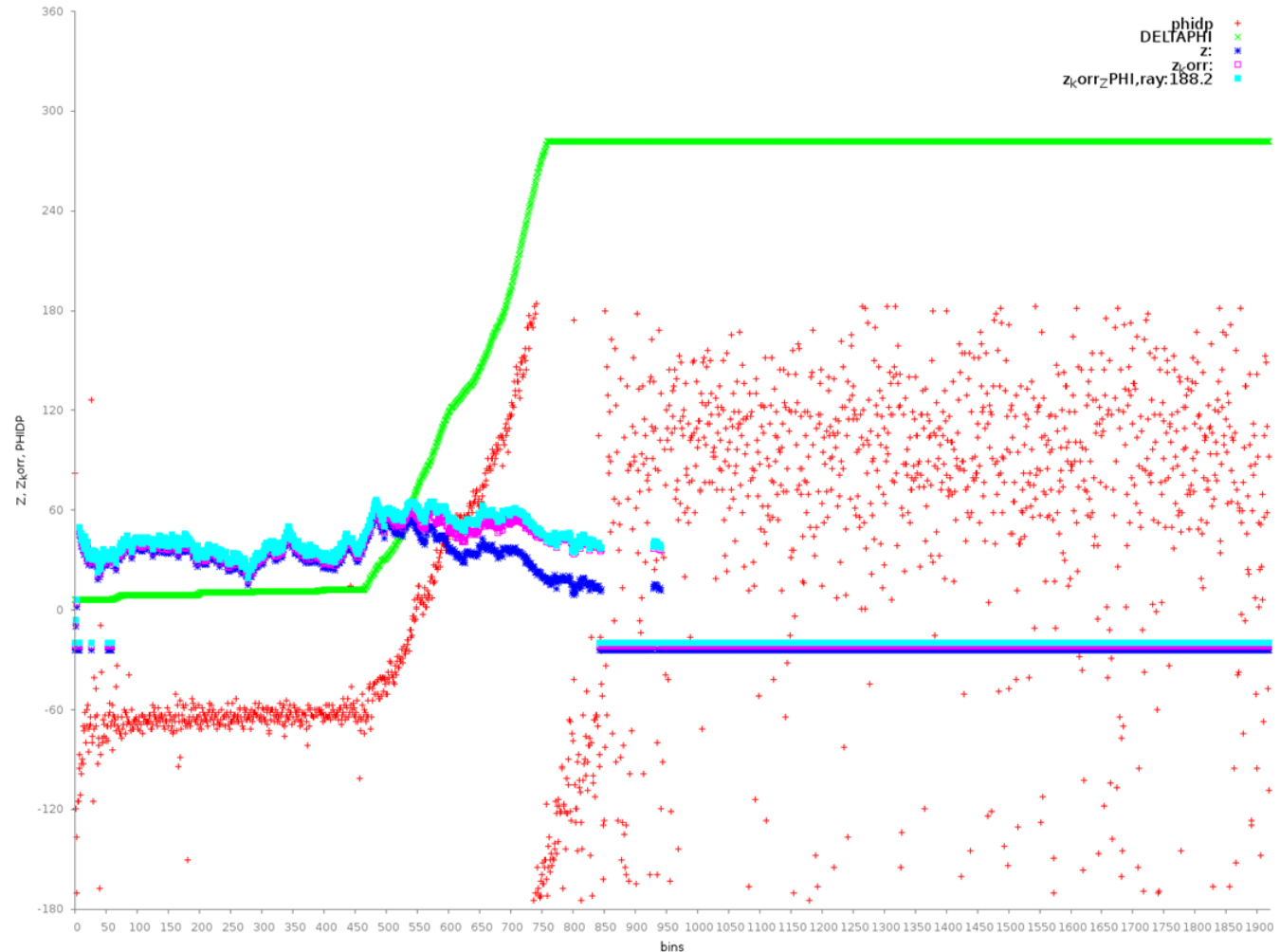
-A kibocsátott sugárzás a különböző polarizációs irányokban fázisszög változást szenved ← az elektromágneses sugárzás a vízben lassabban halad, mint levegőben

-Differenciális terjedési fázisszög:

$$\Phi_{DP} = \Phi_H - \Phi_V$$

A horizontális ( $\Phi_H$ ) és vertikális ( $\Phi_V$ ) polarizációs irány esetén bekövetkező fázisszög változások különbsége.

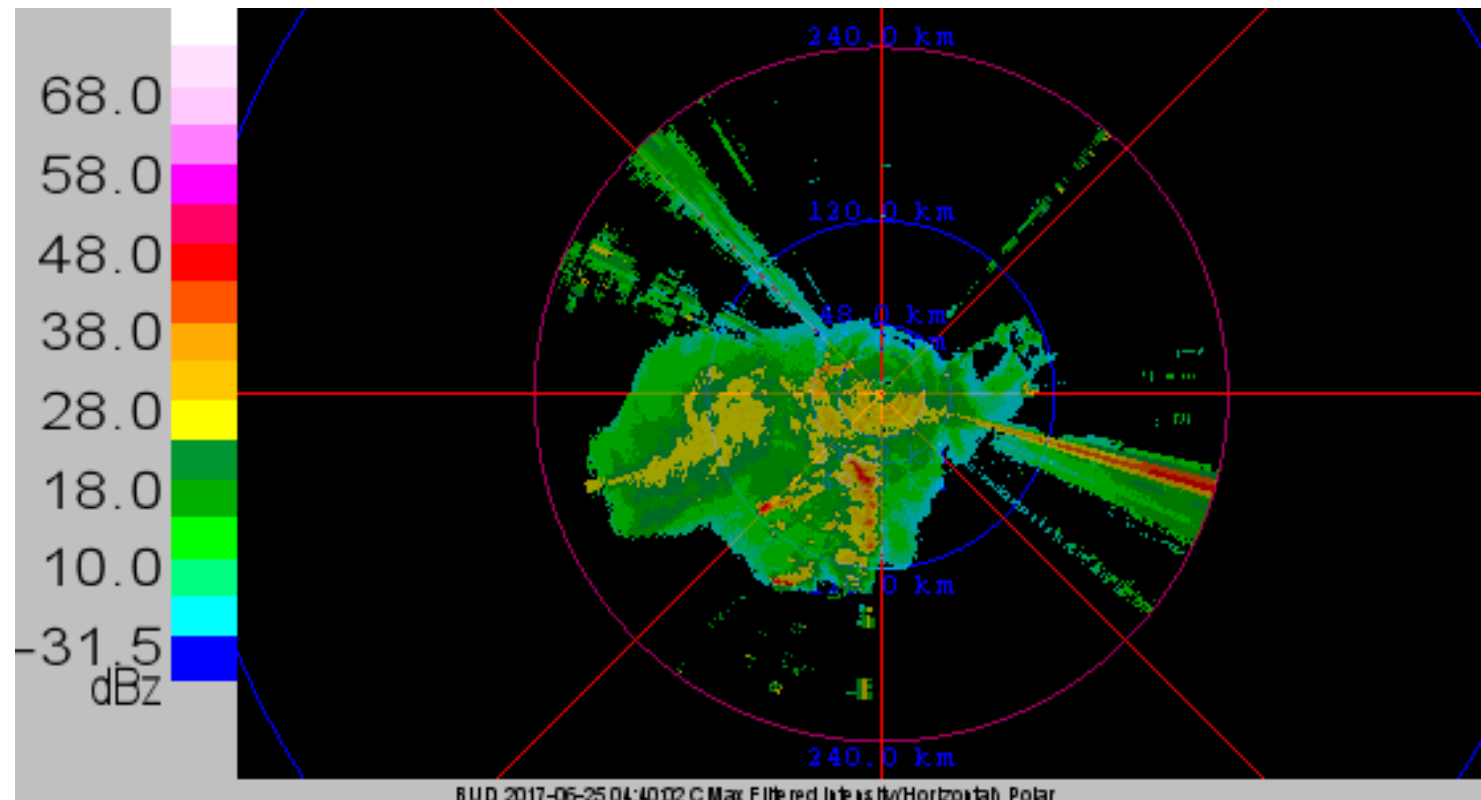
-  $\Phi_{DP}$  monoton növekvő → növekedésének mértékéből a radar jel csapadék okozta gyengülésének nagyságára következtethetünk





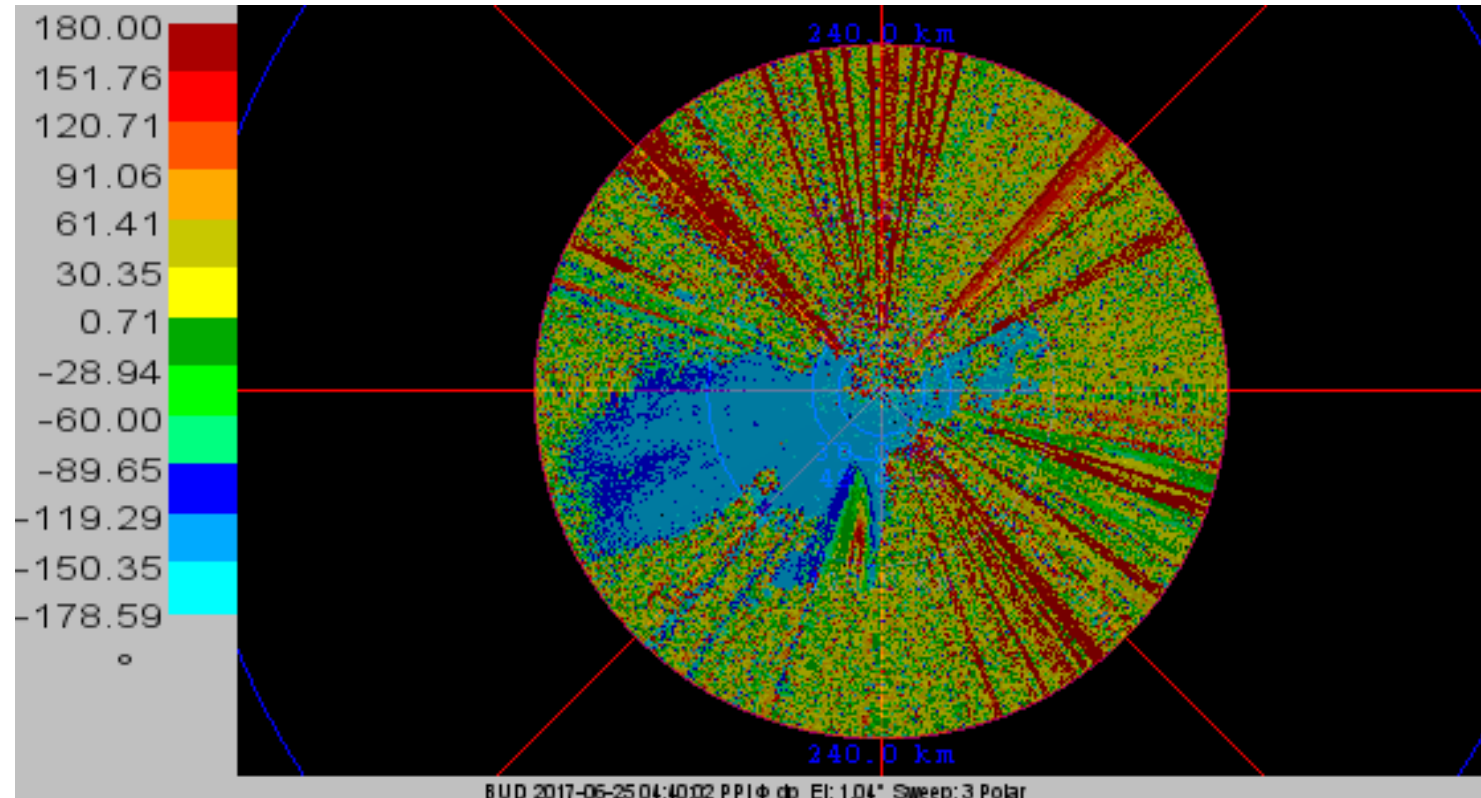
# Gyengülési korrekció

Nyers reflektivitás mező



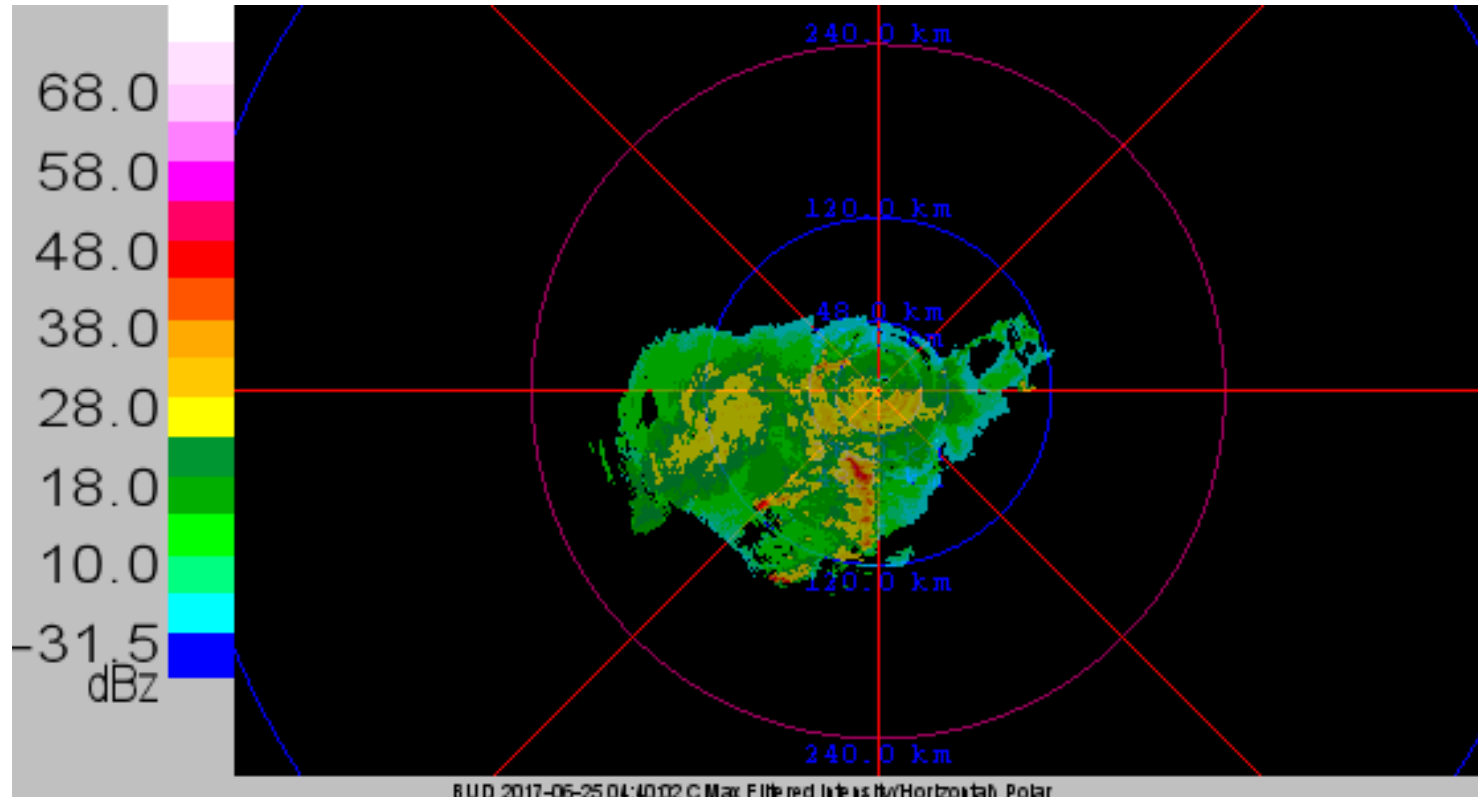
# Gyengülési korrekció

Nyers PHIDP mező



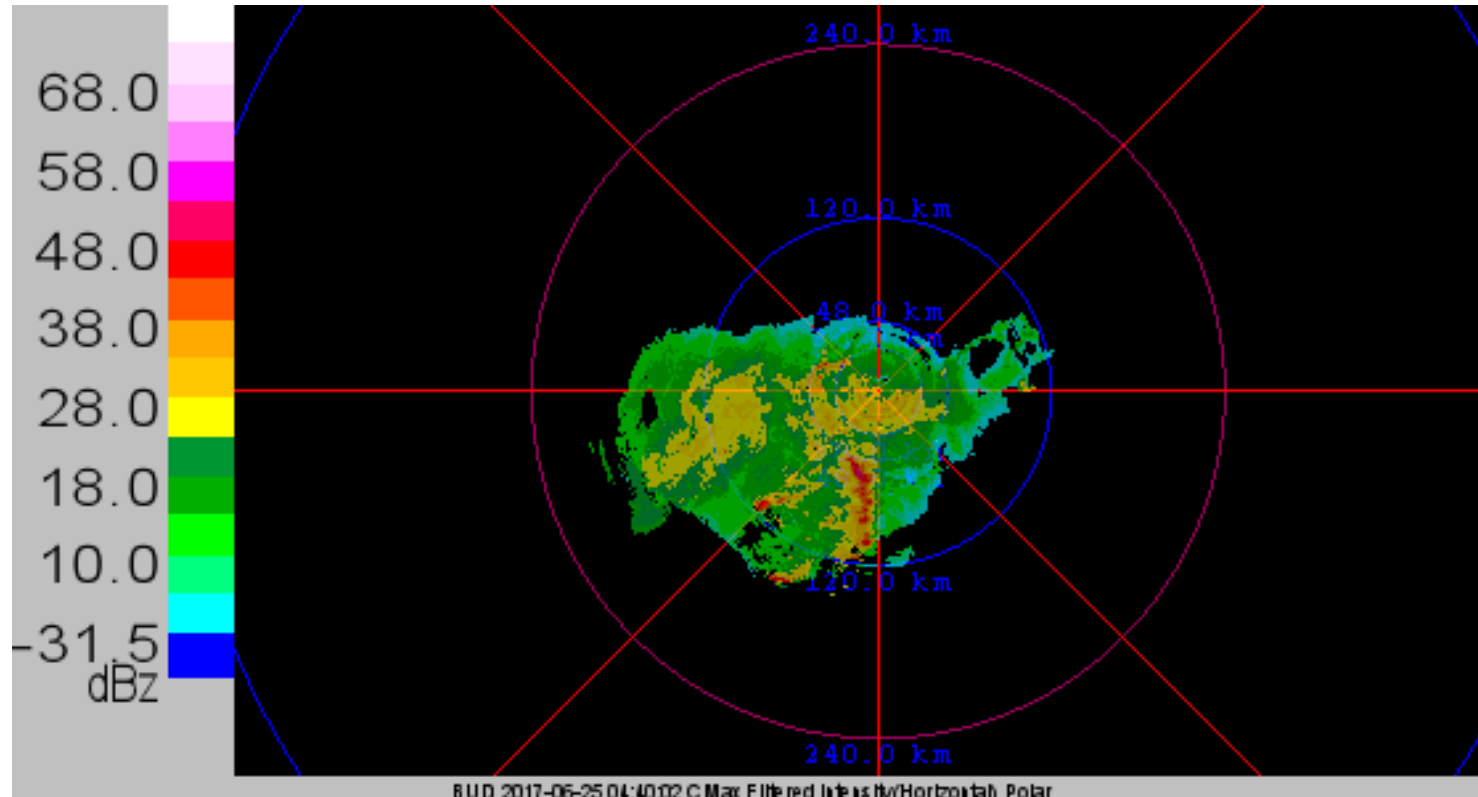
# Gyengülési korrekció

Szűrt reflektivitás mező



# Gyengülési korrekció

Gyengítéssel korrigált, szűrt reflektivitás mező



# AUTO METAR

	Lightning					
	Lightning impact(s) in an area of 8 km around the aerodrome	Lightning impact(s) in an area from 8 km to 16km around the aerodrome	Lightning impact(s) in area from 16 km to 30 km around the aerodrome	No lightning impact	No data	
Level of radar reflectivity in an area of 30km around the aerodrome	Reflectivity of 5 closely pixels >41 dBZ	CB TS	CB VCTS	CB	CB	CB No information
	33 ≤ Reflectivity of 5 closely pixels <41 dBZ	CB TS	CB VCTS	CB	TCU	TCU No information
	Reflectivity of 5 closely pixels ≤ 33 dBZ	CB TS	CB VCTS	CB		No information
	No data	CB TS	CB VCTS	CB	No information	No information No information

# Effektív munkavégzés:

## Üzemeltetés + Fejlesztés

- Folyamatos adatrendelkezésre állás biztosítása →
- Monitorozás →
- Hibaelhárítás, rendszer újraindítás, hálózati kapcsolatok ellenőrzése
- Archiválás
- Karbantartás –alkalmanként utazás vidékre
- Összehasonlító vizsgálatok
- Szűrő algoritmusok,
- Hidrometeor klasszifikáció
- Csapadékmennyiség becslés pontosítása
- Nemzetközi kapcsolatok:
- OPERA –the operational weather radars in Europe
- EUMETFRq – meteorológiai célú radarfrekvenciák védelme
- ERAD konferencia,

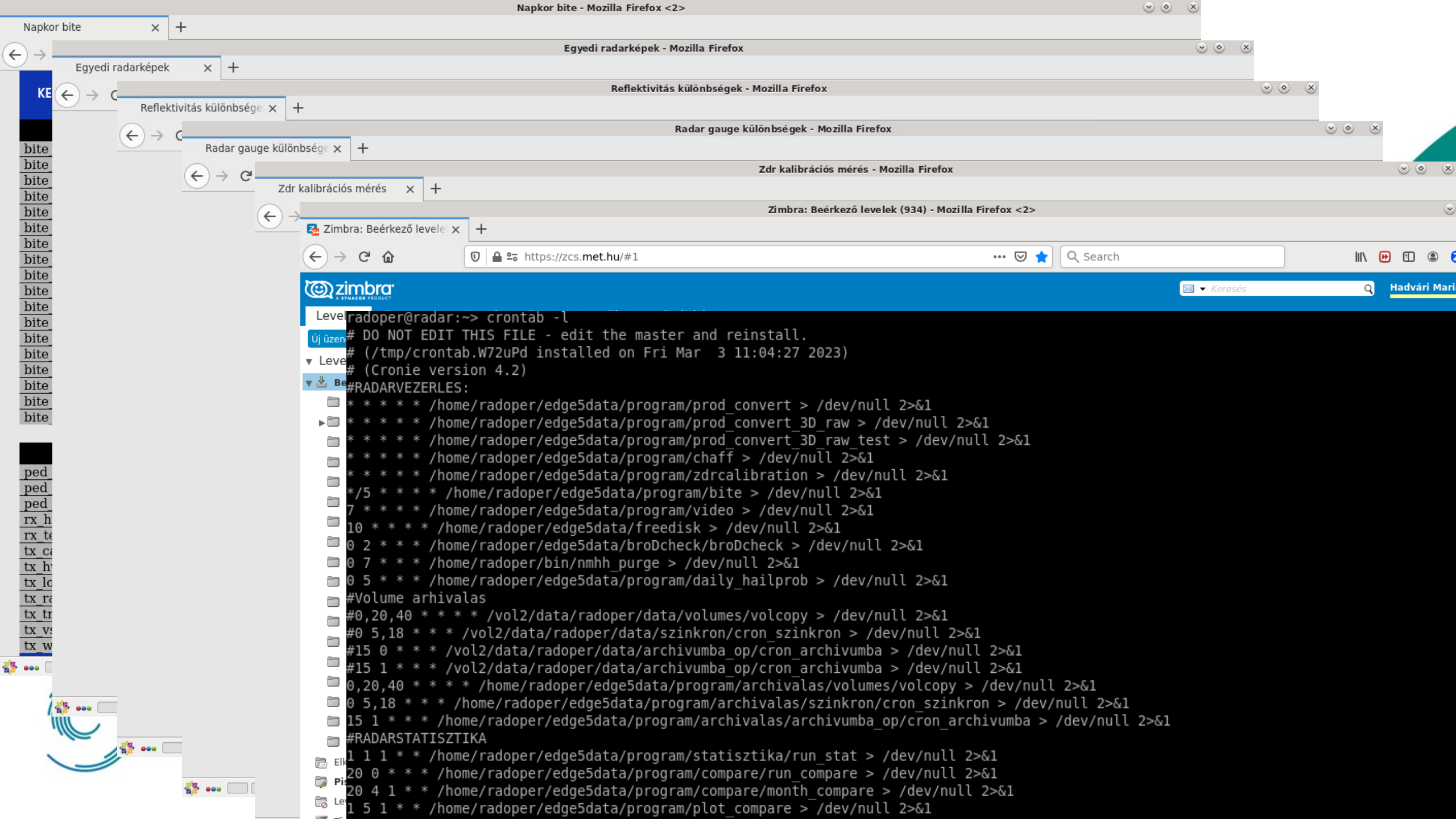
## Hogyan.... ?

Linux rendszerek

Cron, Bash, C++, PHP, Python,

Automatizálás, e-mail küldés:  
– log, check, error, limit

Együttműködés közvetlen  
felhasználókkal, adatellenőrökkel,  
NMHH-val



# Radarok

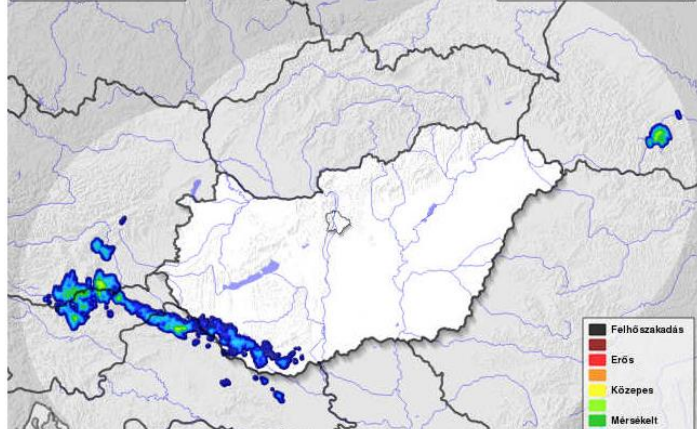
Radar-helymeghatározás

Share

2023. július 3. 08:30 (06:30 UTC)

Országos Északnyugat Délnyugat Északkelet Délkelet CMAX

Radar csapadékinzítás 2023-07-03 08:30 (06:30 UTC)

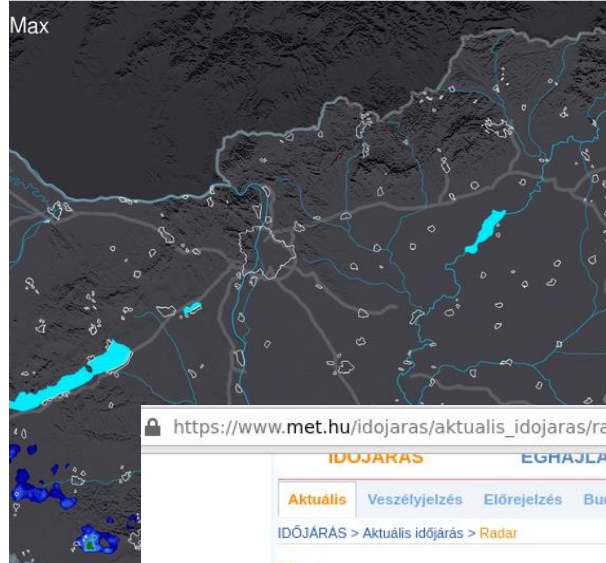


https://koponyeg.hu/terkep

HÍREK ÉSZLELÉSEK **TÉRKEPEK** KISOKOS GALÉRIA FÓRUM

07 08 09 10 00 05 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 11 00

Országos Észak



https://www.met.hu/idojaras/aktualis\_idojaras/radar/

IDOJARAS EGHAJLATI LEVEGOKORNYEZETI IS

Aktuális Veszélyjelzés Előrejelzés Budapest Tavaink Humánmeteorológia Agrometeorológia

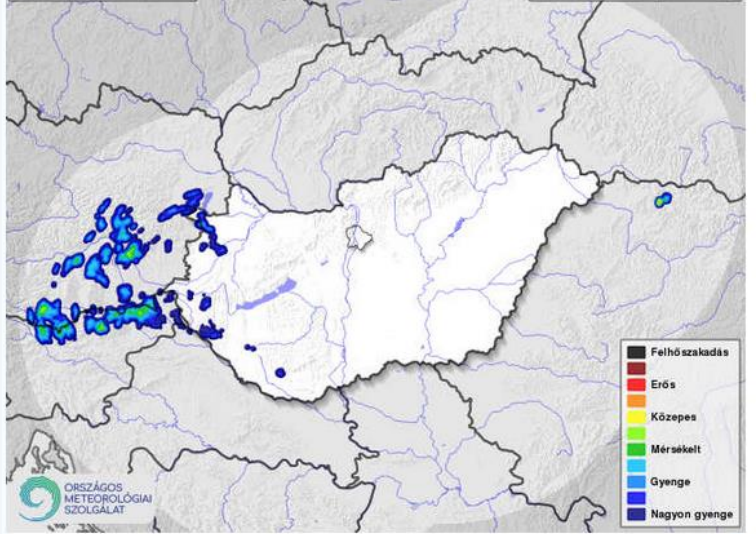
IDOJARAS > Aktuális időjárás > Radar

## Radar

2023. július 3. 11:10 (09:10 UTC)

Országos Északnyugat Délnyugat Északkelet Délkelet CMAX

Radar csapadékinzítás 2023-07-03 11:10 (09:10 UTC)

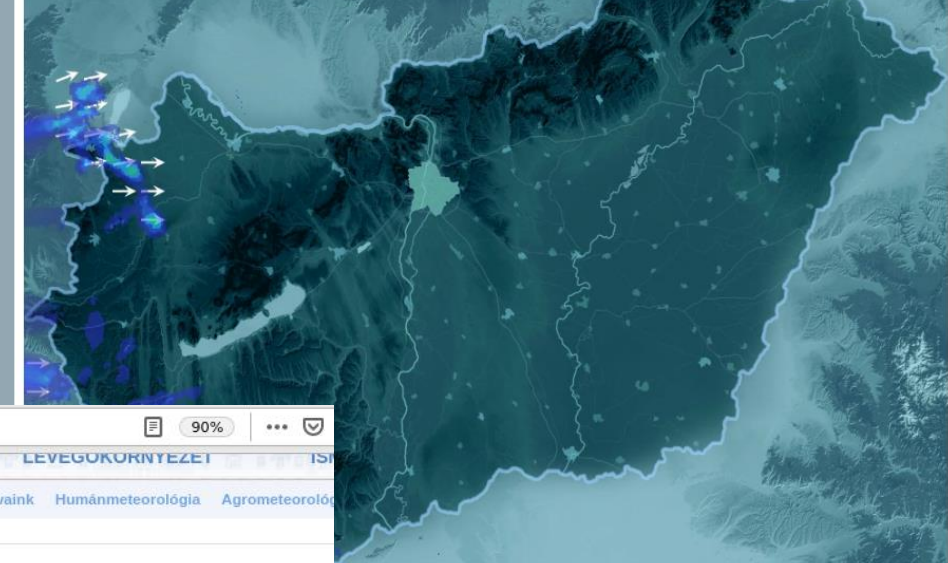


ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT

ELŐREJELZÉS IDŐKÉP HÓTERKÉP FELHŐKÉP RADAR KAMERÁK KÖZÖSSÉG TEMATIKUS TÉRKEPEK BEJELENTÉZÉS

## Radarvideó (előrejelzéssel)

11:28



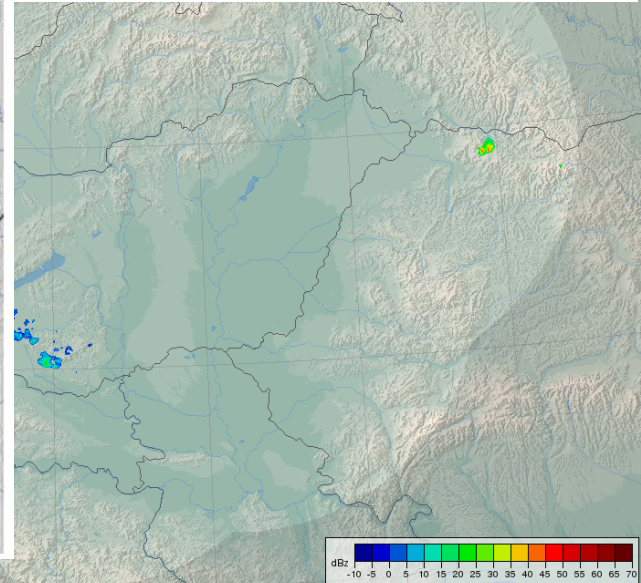
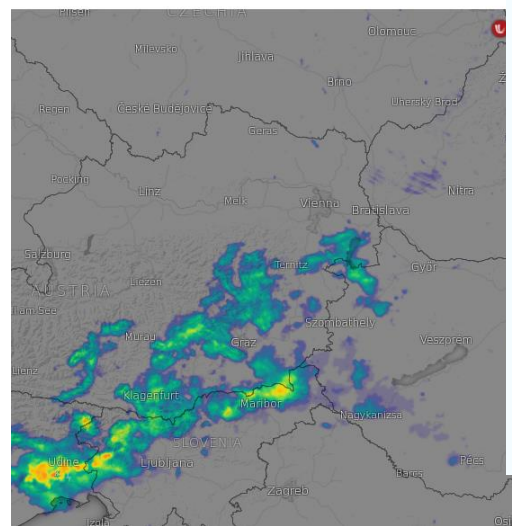
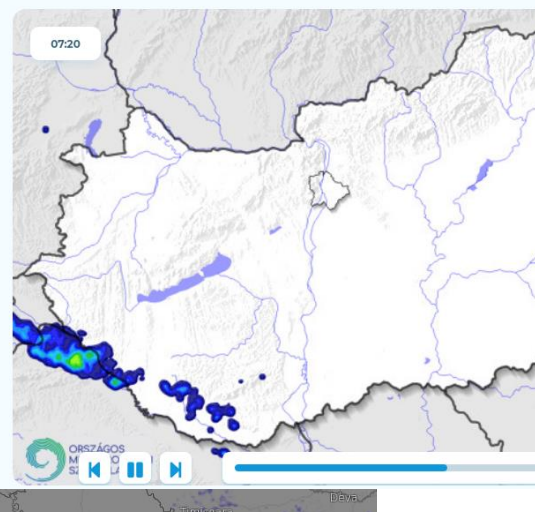
...a ötpercenként készülő  
...közvetlen futtatva  
...extrapolált csapadékmó...

## Holnapidojaras.hu - Időjárás hírek

Települési előrejel:

**köponyeg.hu**  
2023. július 3. hétfő  
Kornél Soma  
Előrejelzés Híreső Térkép

## Radarkép





[https://www.met.hu/idojaras/aktualis\\_idojaras/radar/](https://www.met.hu/idojaras/aktualis_idojaras/radar/)  
[https://www.met.hu/ismertetok/radar\\_ismerteto.pdf](https://www.met.hu/ismertetok/radar_ismerteto.pdf)  
<https://odp.met.hu/weather/radar/>

