

Meteorologické radary

Polarimetrická měření

Milan Šálek, Petr Novák

salek@chmi.cz

Polarimetrická radiolokační měření

Polarimetrické meteorologické radiolokátory obecně vysílají elektromagnetické pulsy, které jsou lineárně polarizovány (střídavě horizontálně a vertikálně), a mohou měřit odrazivost pro danou polarizaci Z_H, Z_V .

Některé radary mají navíc instalovaný kanál měřící odrazivost v polarizaci kolmé na vysílaný puls, z něho lze získat hodnotu "kros-polární" odrazivosti Z_{HV} .

Pokud je polarimetrický radar navíc dopplerovský je možné určit fázi navráceného signálu s horizontální ϕ_H a vertikální ϕ_V polarizací.

Z těchto základních hodnot je možné určit následující parametry:

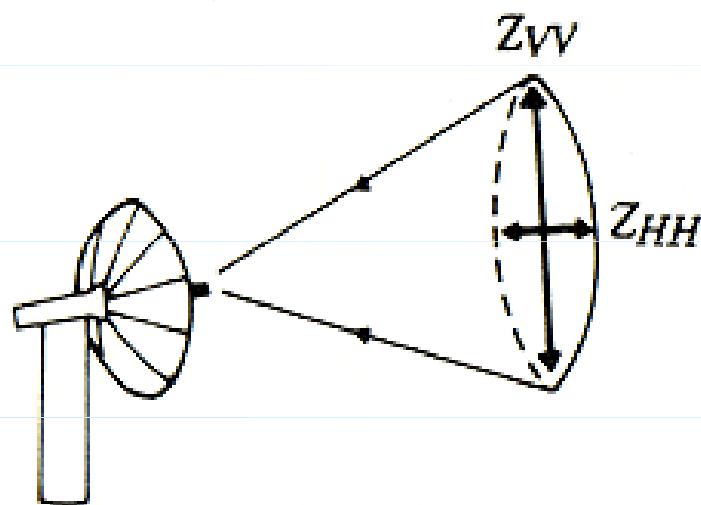
- $Z_{DR} = 10 \lg(Z_H/Z_V)$ – differential reflectivity
- $LDR = 10 \lg(Z_{HV}/Z_V)$ – linear depolarisation ratio
- $K_{DP} = \frac{\Delta\phi_{DP}}{\Delta r} = \frac{\Delta(\phi_V - \phi_H)}{\Delta r}$ – specific differential phase
- ρ_{HV}^2 – co-polar correlation

Obecně je třeba zajistit velkou přesnost měření (řádu 0.1dB). V současnosti – drahé – využívány především pro výzkumné účely. Je možné využívat do cca. 100km – záleží na použitých parametrech.

Diferenciální odrazivost

$Z_{DR} = 10 \lg(Z_H/Z_V)$ – differential reflectivity

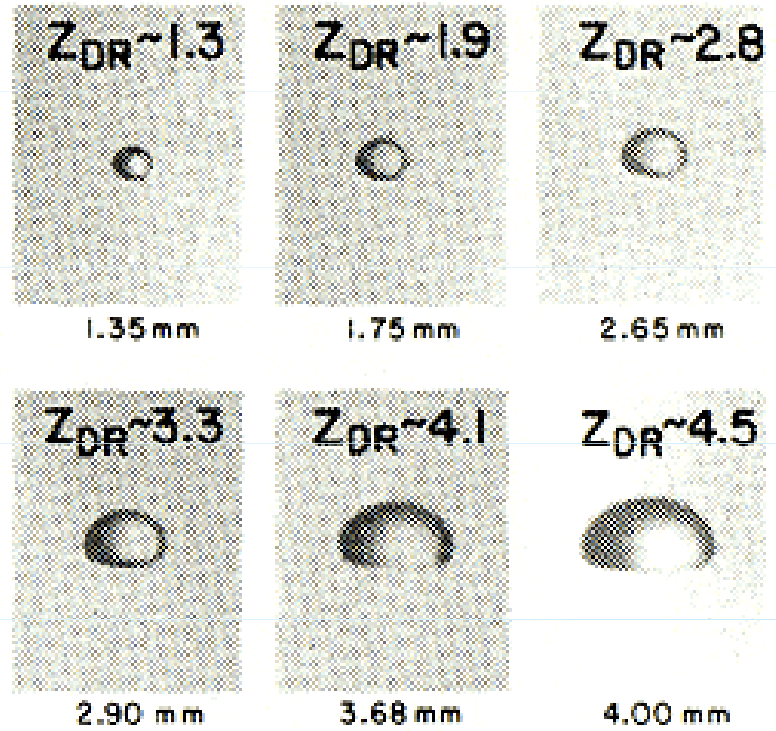
- déšť – malé kapičky sférické, velké kapičky více zploštělé (vyšší Z_{DR})
- ledové částice – obecně malá odrazivost, tedy i zploštělé částice mají spíše nízké hodnoty Z_{DR}
- ledové částice obalené vodou Z_{DR} roste – bright-band vysoké hodnoty Z_{DR} ,
- stejně tak přechlazené vodní kapičky v konvektivní oblačnosti – úzký vertikální sloupec dostupující nad vrstvu zamrzání kapiček
- spolu s LDR se využívá pro určování typu hydrometeorů



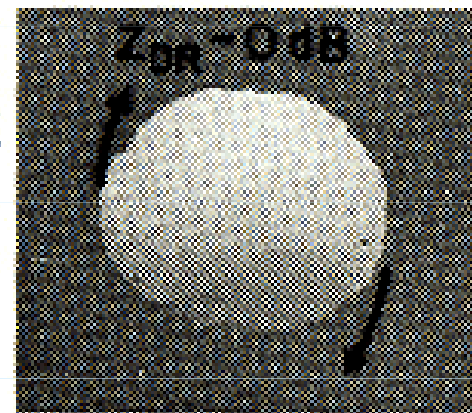
$$Z_{DR} = 10 \log_{10} (Z_{HH}/Z_{VV})$$

Raindrops < 0.3 mm → $Z_{DR} \sim 0$ dB

R
A
I
N
D
R
O
P
S



H
A
I
L



9.5 cm

Lineární depolarizační poměr

$$LDR = 10 \log(Z_{VH}/Z_{HH})$$

nebo (2. index značí vyslanou polarizaci)

$$LDR = 10 \lg(Z_{HV}/Z_V) - \text{linear depolarisation ratio}$$

- Z_{HV} – vysoké hodnoty pouze pro vodou obalené zploštělé ledové částice s osou nakloněnou vzhledem k horizontální rovině
- indikátor vodou obalených ledových částic
- indikátor bright-bandu

Hydrometeor type	Symbol	Parameter range		
Small raindrops	r	$Z_{DR} < +1$	$LDR < -35$	$H \leq H_{MELT}$
Large raindrops	R	$Z_{DR} \geq +1$	$LDR < -25$	
Graupel (dry, small), snow	S	$Z_{DR} \leq +1$	$LDR < -35$	$H > H_{MELT}$
Graupel (wet, melting, small), graupel (dry, large), hail (dry, small)	G	$-1 \leq Z_{DR} < +1$	$-35 < LDR \leq -25$	
Hail(dry)	H	$-1 \leq Z_{DR} < +1$	$-25 < LDR \leq -20$	
Hail (wet)	HW	$-1 < Z_{DR} \leq +1$	$-20 < LDR \leq -15$	
Large wet hail (spongy or water shell)	HLW	$Z_{DR} \leq +1$	$LDR > -15$	
Rain + small hail (wet)	RH	$Z_{DR} \geq +1$	$-25 < LDR \leq -20$	
Rain + large hail (wet)	RLH	$Z_{DR} \geq +1$	$LDR > -20$	

Table 1. Empirical interpretation scheme used for hydrometeor discrimination in Z_{DR} -LDR space. H_{MELT} is the height of the melting level. Z_{DR} and LDR in dB.

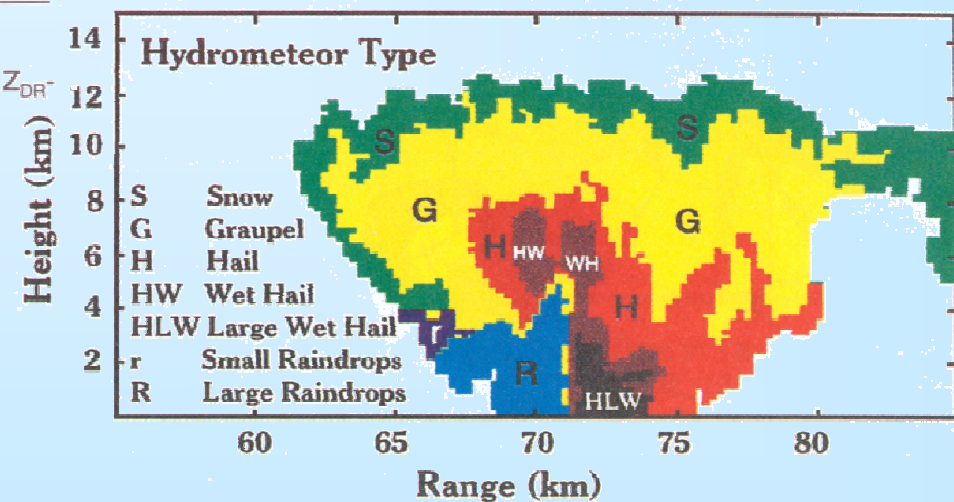
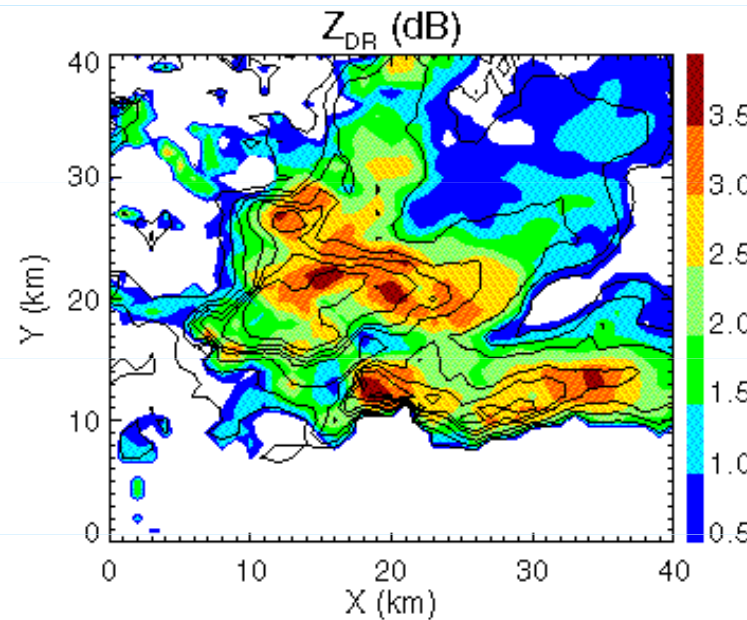
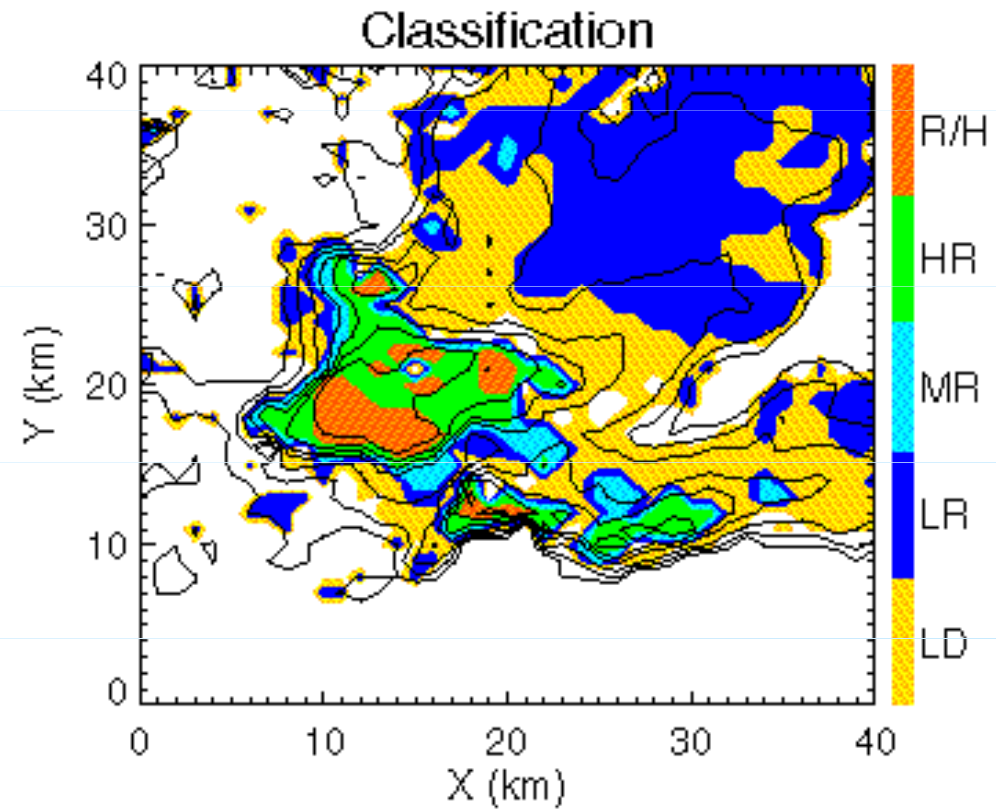
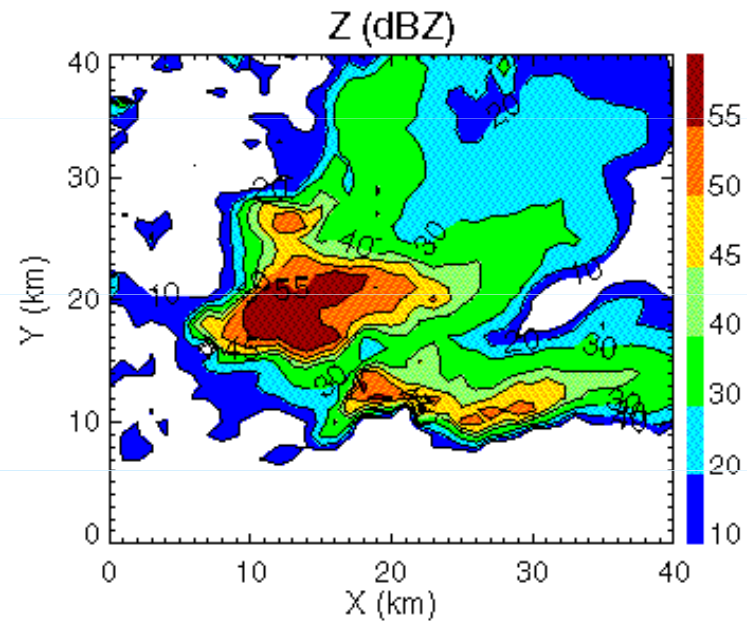


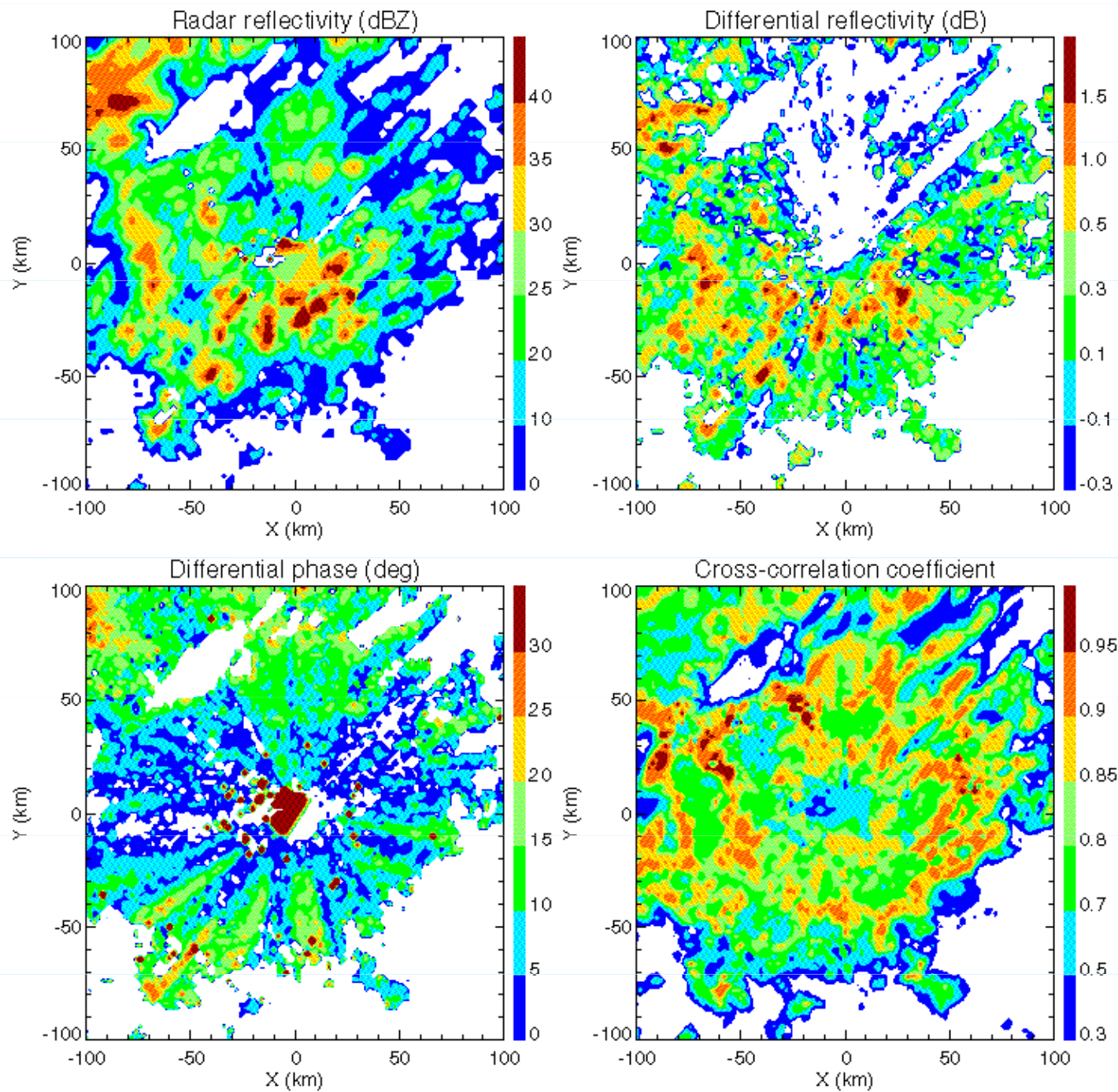
Figure 1: Vertical section (RHI) through the central part of a hailstorm on 30 June 1990 showing the different kinds of hydrometeors as defined in Table 1.

Hailstorm on 05/06/01 at 20:24 UTC. Elevation is 0.5°

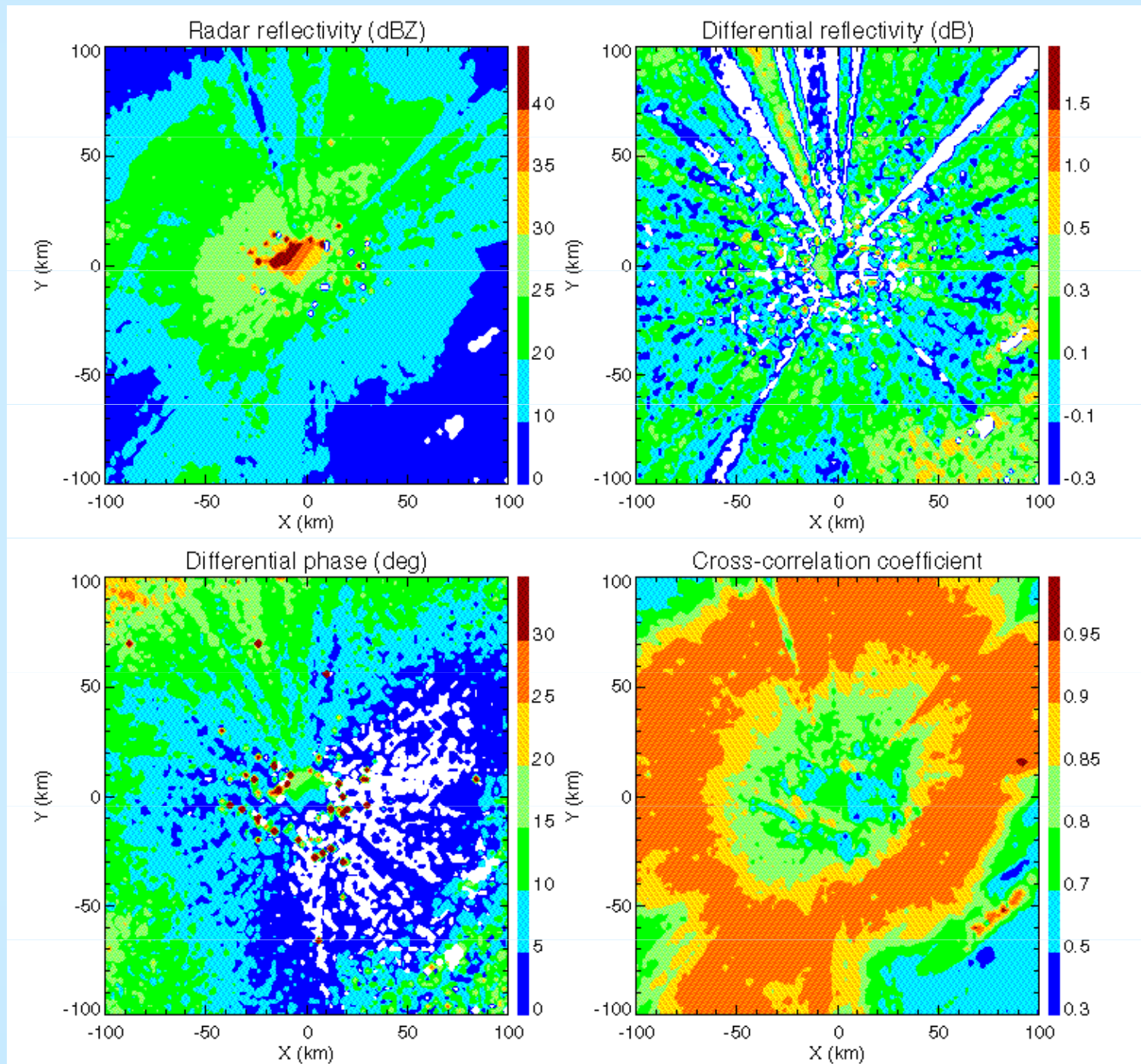


- LD – “large drops”
- LR – light rain
- MR – moderate rain
- HR – heavy rain
- R/H – rain / hail mixture

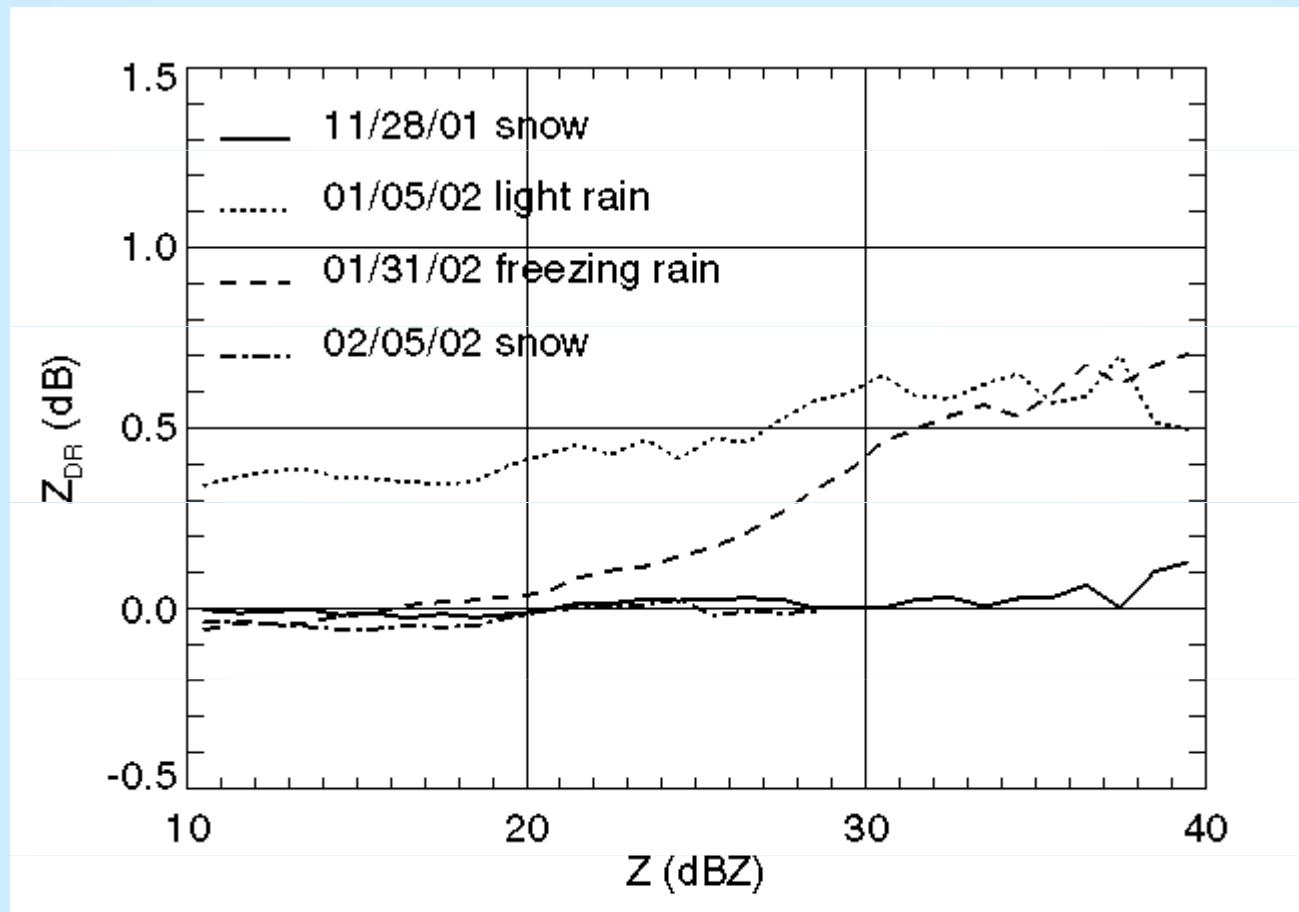
Freezing rain on 01/30/02, 19:00 UTC, EI = 0.5°



Snow on 02/05/02, 19:00 UTC, EI = 0.5°



Average $Z - Z_{DR}$ dependencies for rain, freezing rain and snow



Combination of polarimetric, surface, and sounding data is necessary

Korelační koeficient časových řad Z_h a Z_v

ρ_{HV}^2 – co-polar correlation

- korelace časových řad Z_H a Z_V
- teoreticky lze odhadnout šířku rozdělení velikosti a úhlu natočení kapiček
- lze využít pro rozlišení srážkových a pozemních ($= 0$) odrazů

Specifický posun diferenciální fáze

$$K_{DP} = \frac{\Delta\phi_{DP}}{\Delta r} = \frac{\Delta(\phi_V - \phi_H)}{\Delta r} - \text{specific differential phase}$$

- rychlost horizontálně polarizované vlny skrz oblast obsahující zploštělé vodní kapičky je menší než rychlost vertikálně polarizované vlny – tedy fáze horizontálního pulsu ϕ_H se zpožďuje za fází vertikálního signálu ϕ_V
- je možné použít pro odhad intenzity srážek – v mnoha ohledech lepší než přes Z
 $R = 16.03K_{DP}^{0.95}$ – pro C-band
- neovlivněno kroupami, útlumem, částečným zastíněním paprsku, pozemními odrazy
- téměř lineární vzhledem k intenzitě srážek R , a tedy méně ovlivňován spektrem velikosti kapiček
- není třeba přesná absolutní kalibrace
- je možné využít ϕ_{DP} pro integraci srážek přes povodí

Conventional and polarimetric relations for radar rainfall estimation

$$R(Z) = 1.7 \cdot 10^{-2} Z^{0.714} \quad (Z = 300 R^{1.4})$$

$$R(K_{DP}, Z_{DR}) = 53.7 |K_{DP}|^{0.810} Z_{DR}^{-0.421} \text{sign}(K_{DP})$$

if $Z_{DR} > 0.5$ dB

$$R(K_{DP}, Z_{DR}) = 70.0 |K_{DP}|^{0.878} 10^{-0.131 Z_{DR}} \text{sign}(K_{DP})$$

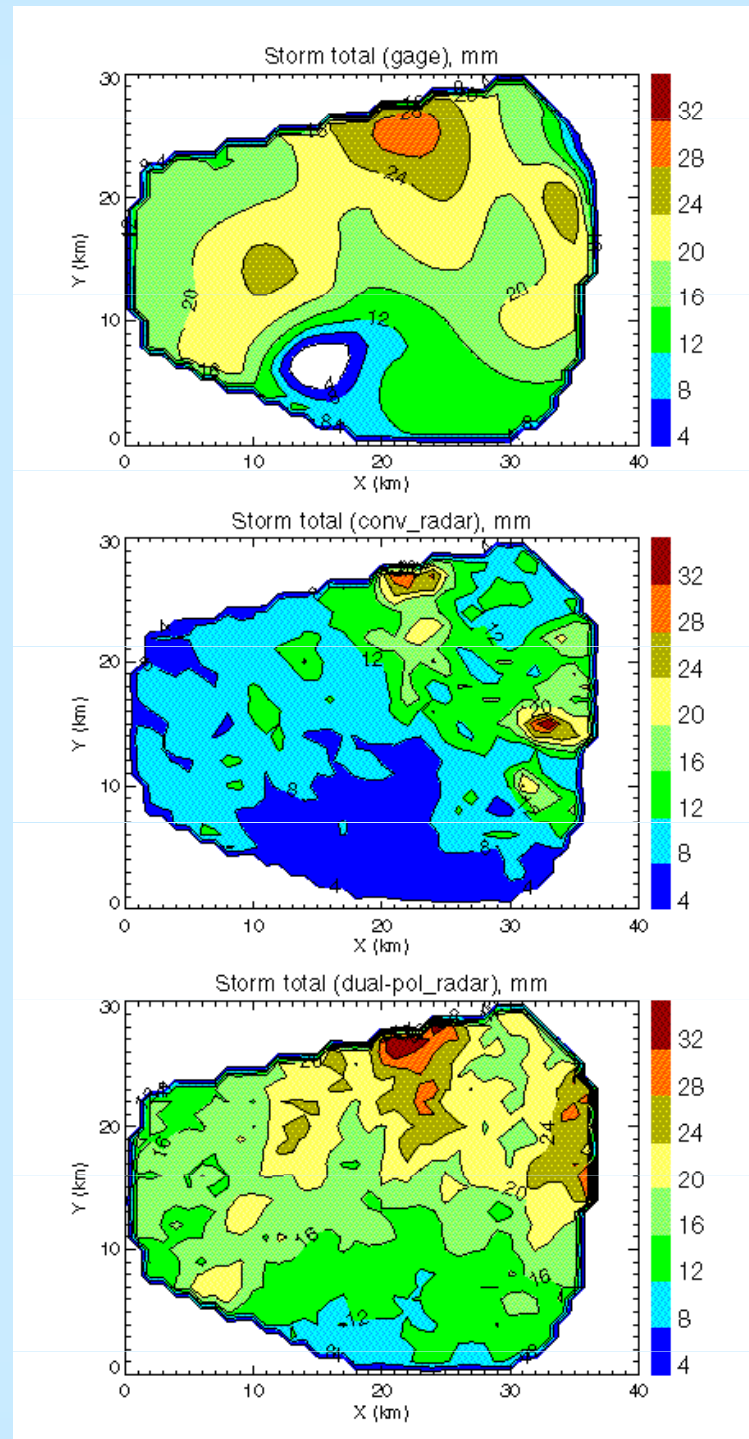
if $Z_{DR} < 0.5$ dB

$$[Z] = \text{mm}^6 \text{m}^{-3}, \quad [Z_{DR}] = \text{dB}, \quad [K_{DP}] = \text{deg/km}$$

Current NEXRAD formula is used for $R(Z)$

$R(K_{DP}, Z_{DR})$ relations were obtained from the analysis of the measured DSDs (about 15000) under assumption of the equilibrium raindrop shape.

Fields of three-hour rainfall accumulations for the 23 October 1997 rain event within the ARS micronetwork



Hailstorm 05/06/2001

