



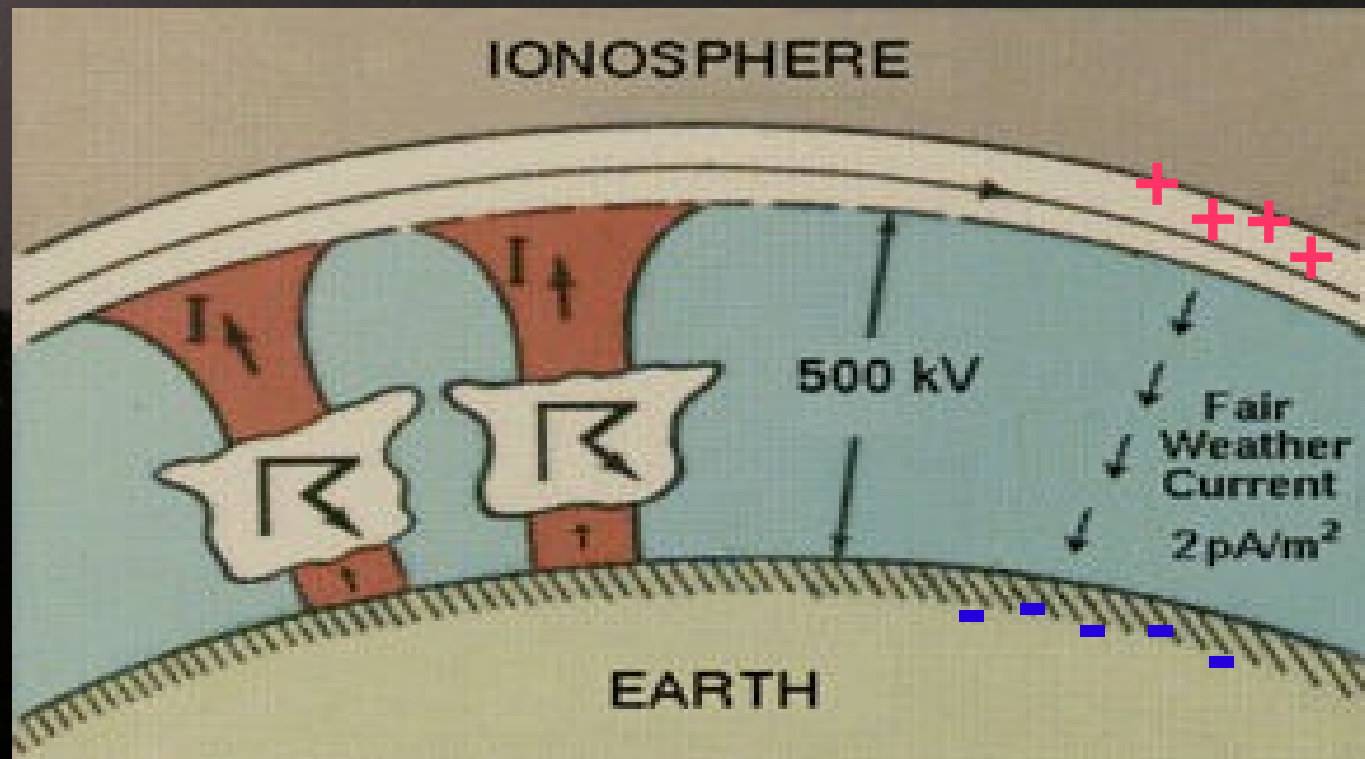
# Systemy detekce a lokalizace blesků

Petr Novák [petr.novak@chmi.cz](mailto:petr.novak@chmi.cz)  
a Milan Šálek [salek@chmi.cz](mailto:salek@chmi.cz)

# Globální elektrický obvod

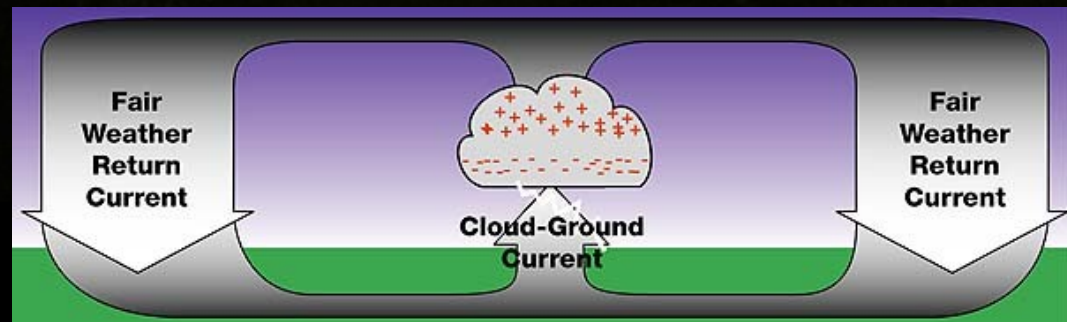
- podmínky pěkného počasí - 500kV, při zemi 130-140 V/m
- potenciálový spád - vybíjecí proud 2pA/m<sup>2</sup>
- dobíjení - hrotové a bleskové výboje

Zemský  
kondenzátor



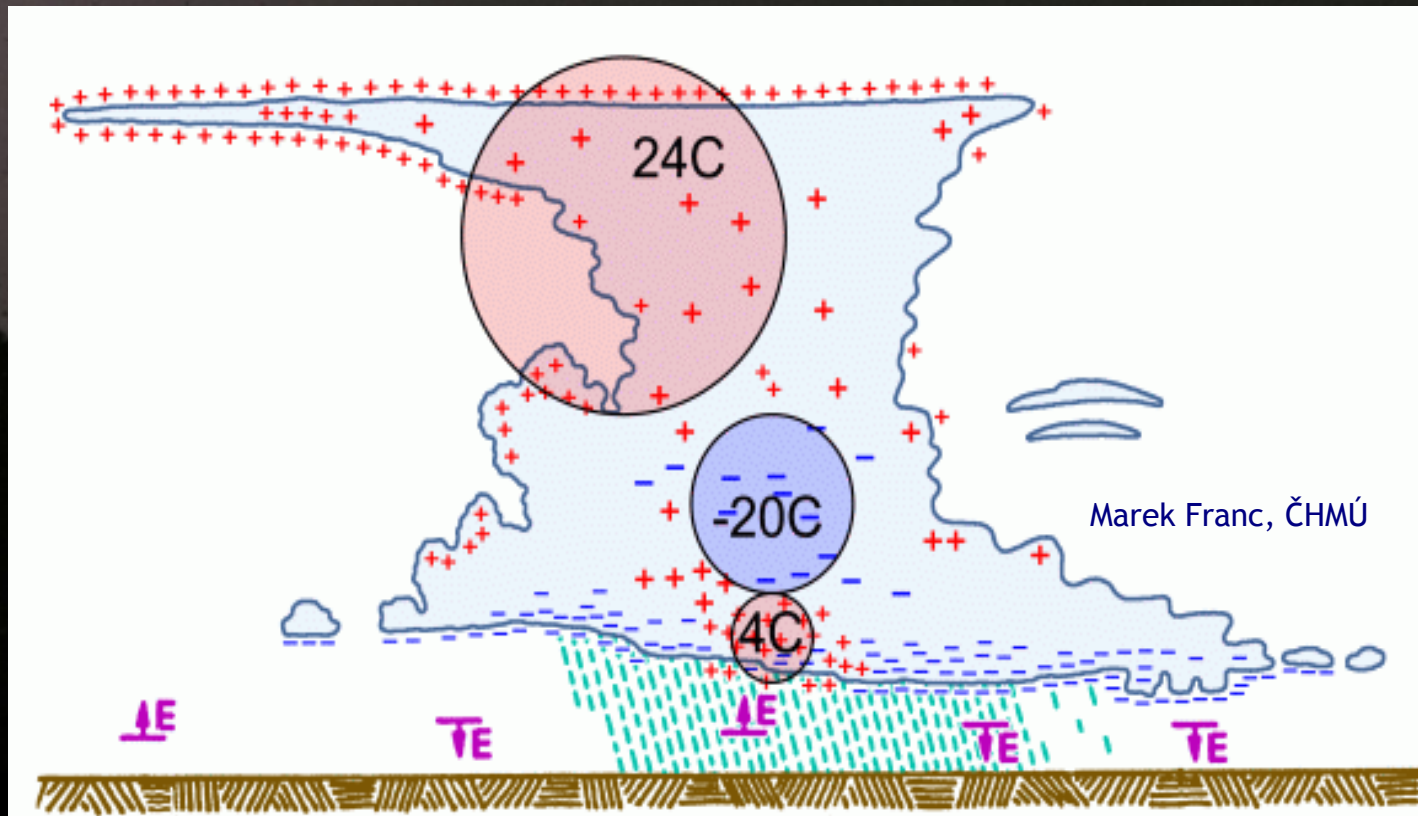
# Elektrické pole a nosiče elektrických nábojů v atmosféře

- Intenzita elektrického pole: běžně  $+ \rightarrow -$
- v atmosféře  $- \rightarrow +$
- za podmínek pěkného počasí: „kladné elektrické pole“ (nahore: +)
- za bouřek: „záporné elektrické pole“ (nahore: -)
- nosiče elektrických nábojů v atmosféře: ionty (vznikají hlavně kosmickým zářením)
  - malé ionty (shluky několika molekul, z nichž aspoň jedna je ionizovaná) - nejvýznamnější nositelé el. proudu ve vzduchu
  - velké ionty (vznikají zachycením malých iontů na aerosolech)



# Elektrický model Cb

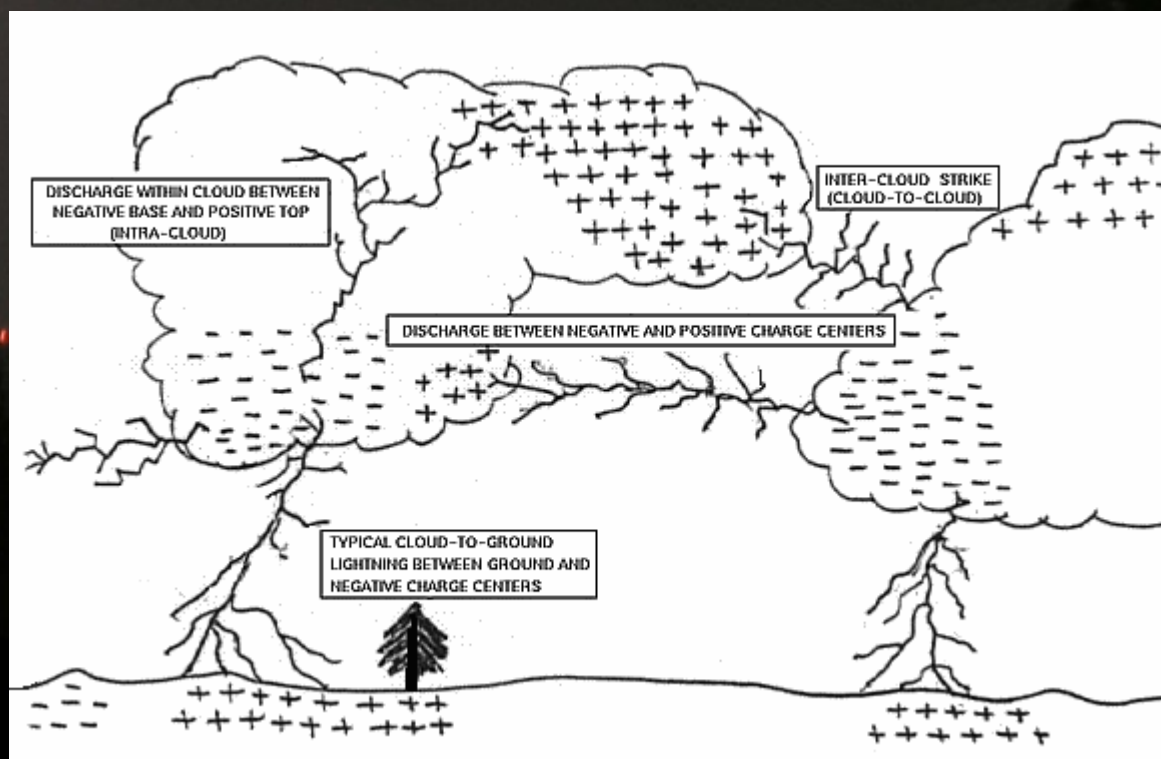
- Tvorba center náboje
  - Kolize hydrometeorů - menší částice mají při srážkách tendenci získávat kladný náboj (velké částice - záporný náboj), jistá role fáze srážek
  - Oddělení nábojů: vlivem výstupných proudů a gravitace



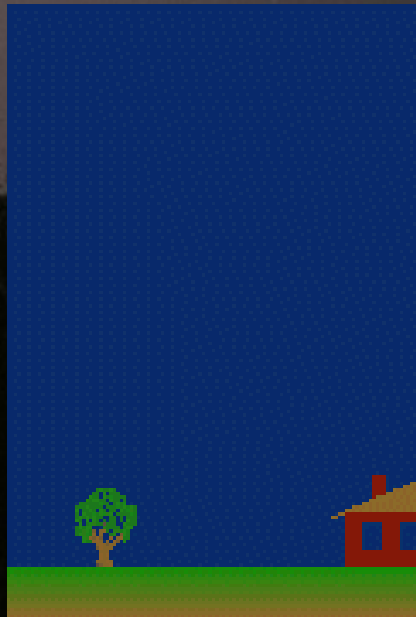
# Blesk

- elektrický výboj, který vzniká mezi centry kladných a záporných nábojů uvnitř oblaků (IC, CC výboj), mezi oblakem a zemským povrchem (CG +/-) nebo mezi oblakem a bezoblačnou atmosférou (CA)

- Cloud negative charge center - ground = **CG -**
- Cloud positive charge center (minor) - ground = **CG +**
- Cloud negative charge center - cloud positive charge center = **CC**



# Fáze CG blesku



- vůdčí výboj blesku (zpravidla větvený), mající většinou „stupňový“ nebo „krokový“ charakter
- - vstřícný výboj
- - hlavní výboj (jednoduchý, vícenásobný)

# Fáze blesků



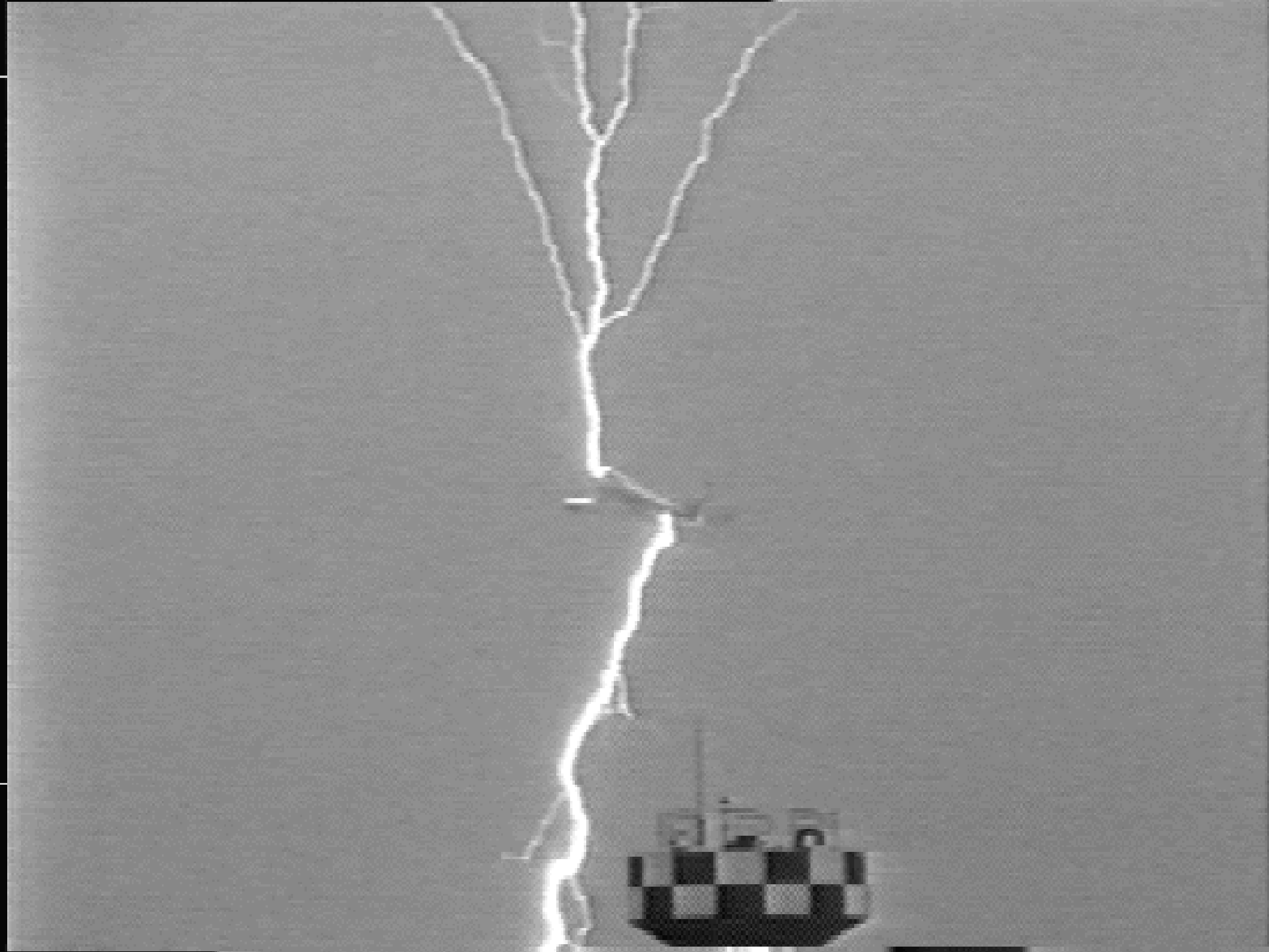
再生

# Fáze blesků



真性



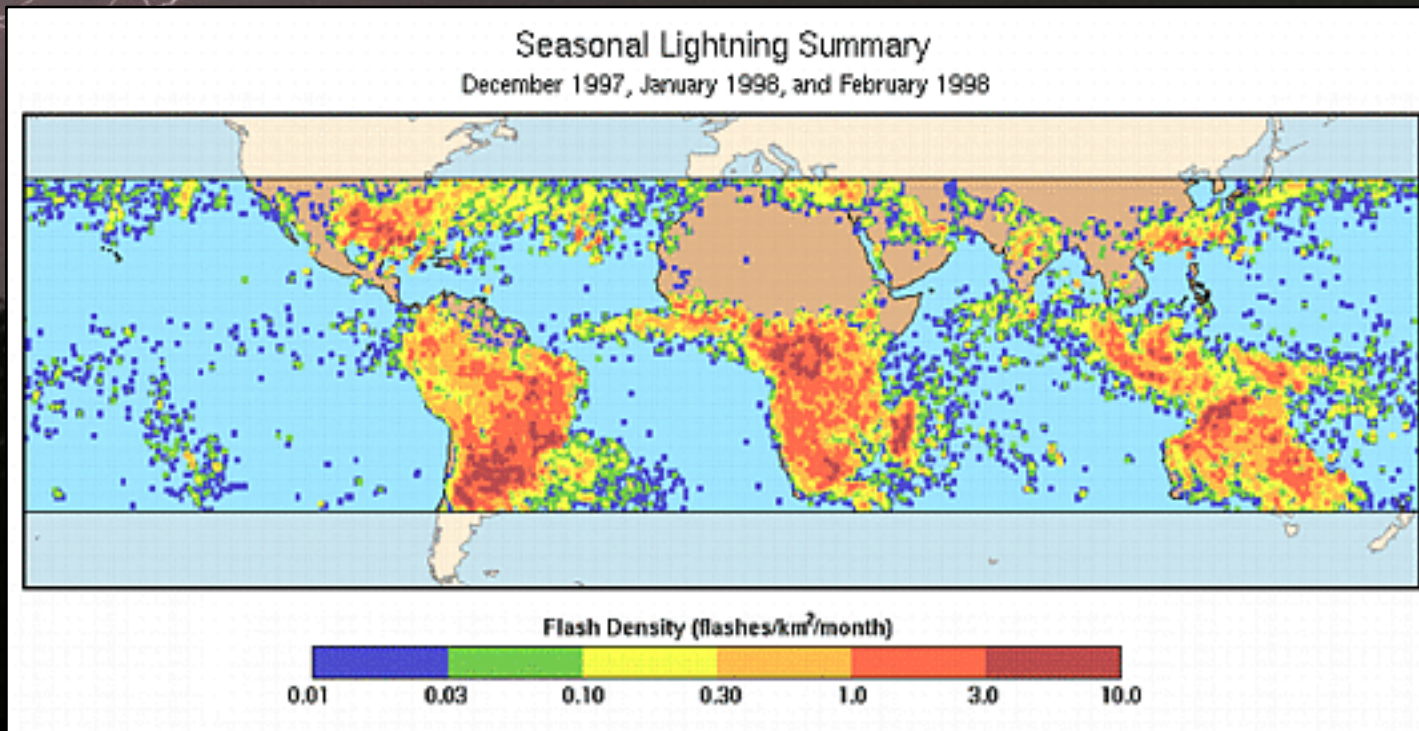


# CG blesk

- předpoklad: int. el. pole cca 500 kV/m
- teplota bleskového kanálu až 25000 K
- proud až 200 kA
- rychlost až 150 tis. km/s
- energie průměrně 250 kWh
- délka 600-2000 m (oblak-země), až 5000 m (oblak-oblak)
- doprovodné efekty: světelné (do několika set km), akustické (do cca 10-15 km) a elektromagnetické (cca 0,001 Hz až 1 GHz)
- následky v zasaženém objektu: tepelné, mechanické a indukční

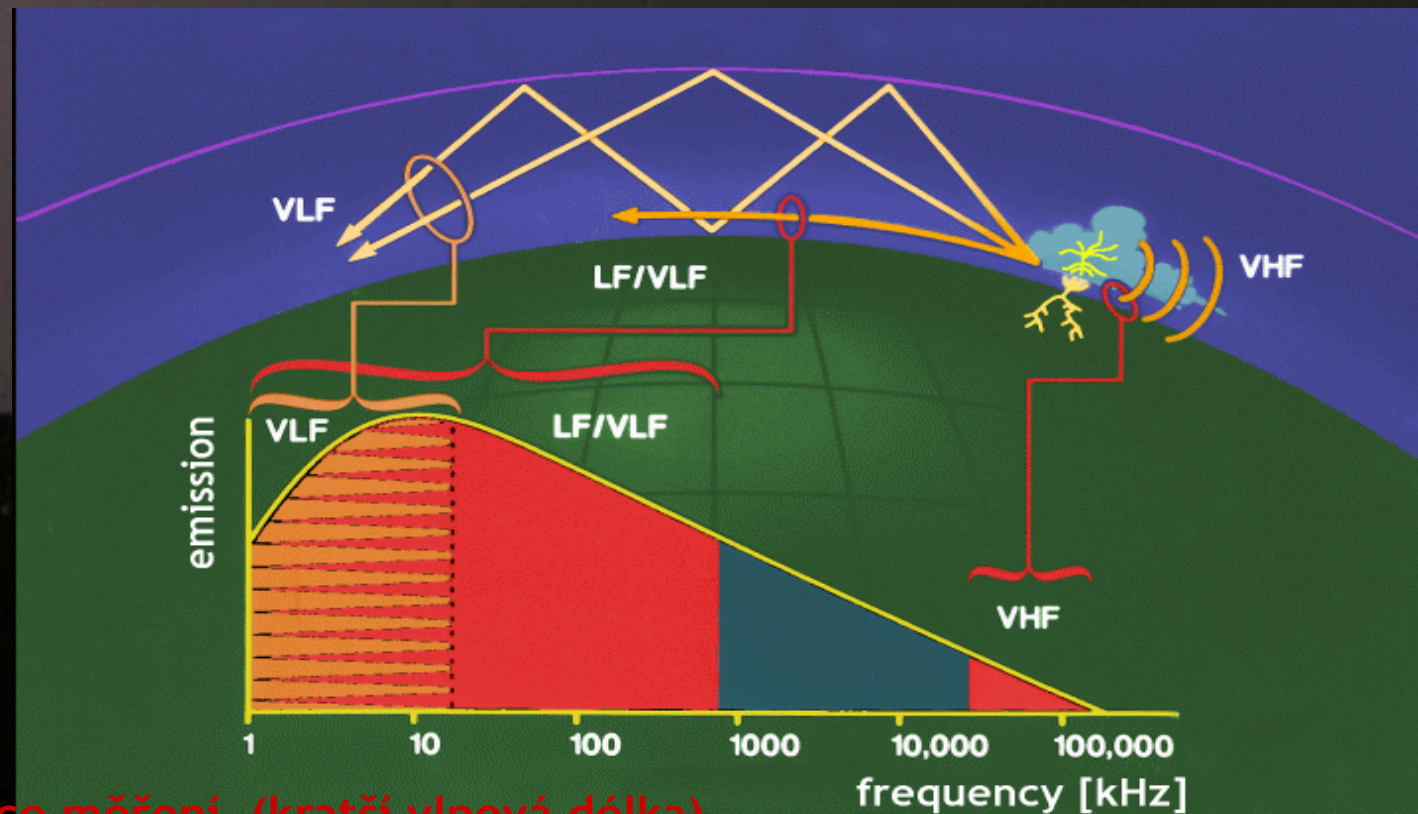
# Detekce blesků

- Akusticky
- Opticky - princip detekce z vesmíru
  - globální informace, špatné prostorové rozlišení a efektivita detekce



# Detekce blesků

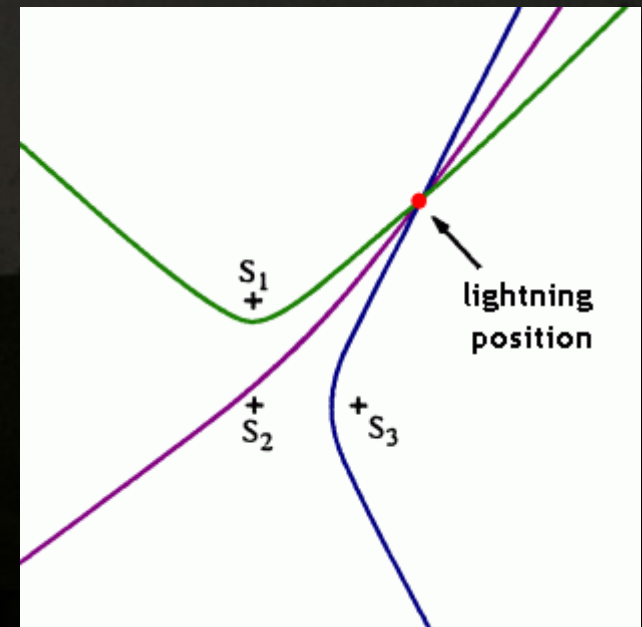
- Analýza elektromagnetického pole - lze v různých frekvenčních pásmech (VDV, DV, VKV)
- 1 sensor nebo (většinou) síť senzorů



**Důležité:** čím vyšší frekvence měření (kratší vlnová délka),  
tím větší citlivost na zakřivení zemského povrchu a orografii !!!

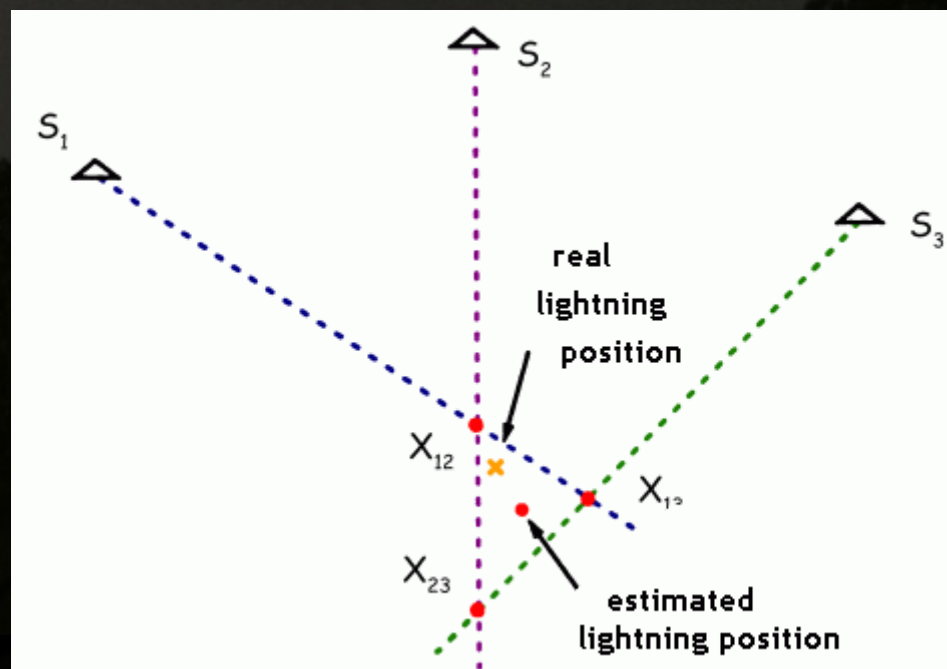
# Principy lokalizace blesků

- Time of arrival (TAO) method - porovnání přesného času detekce výboje na jednotlivých senzorech - synchronizace pomocí GPS
- analýza elektrické složky elmg. VKV/DV pole
- je třeba detekce alespoň třemi senzory



# Principy lokalizace blesků

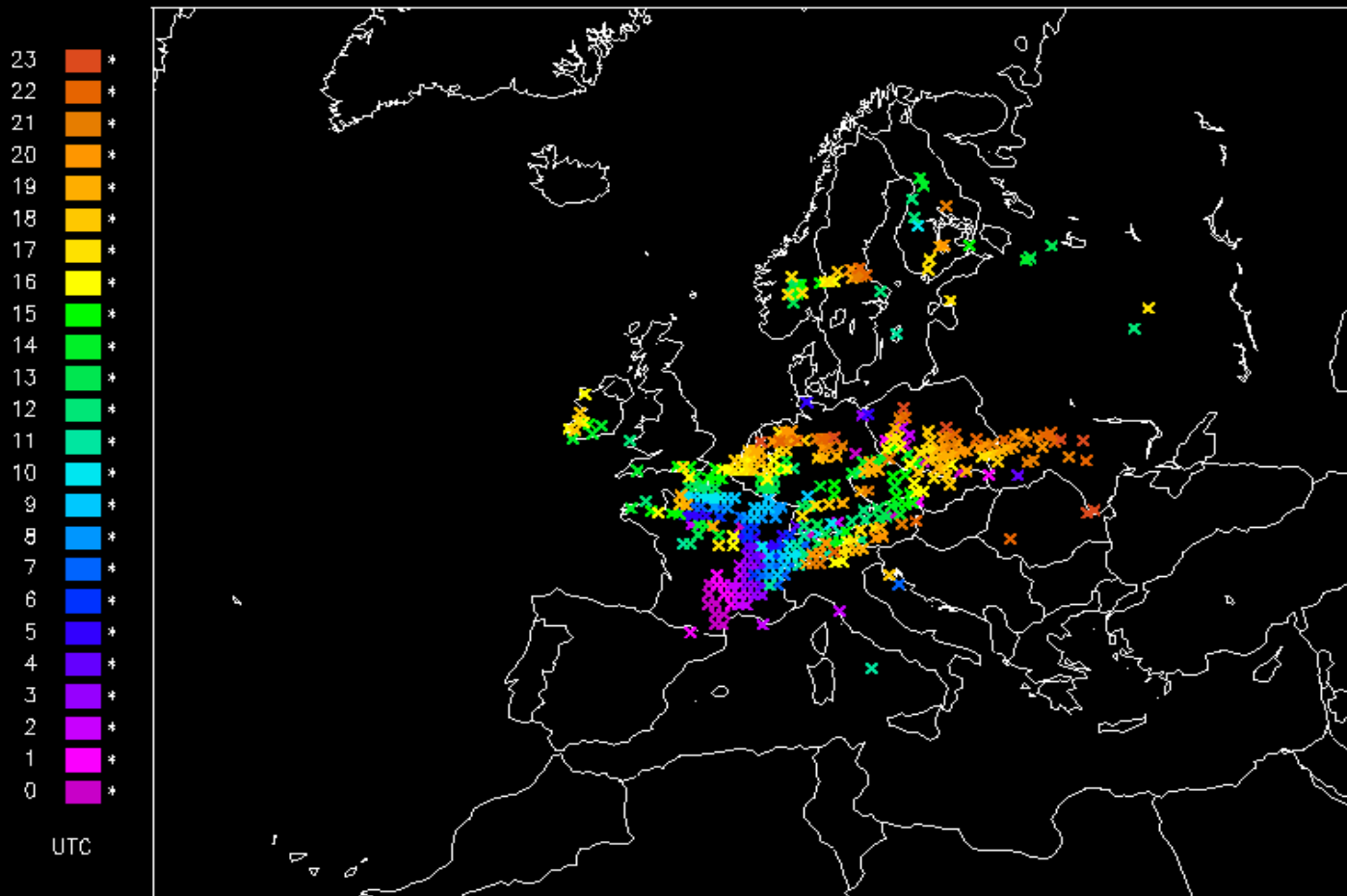
- Magnetic directional finding (MDF) method - porovnání směrů výboje vyhodnocených jednotlivými senzory pomocí interferometrie
- analýza magnetické složky elmg. VKV/DV pole
- je třeba detekce alespoň dvěma senzory
- též časová synchronizace



# UK MetOffice detection system

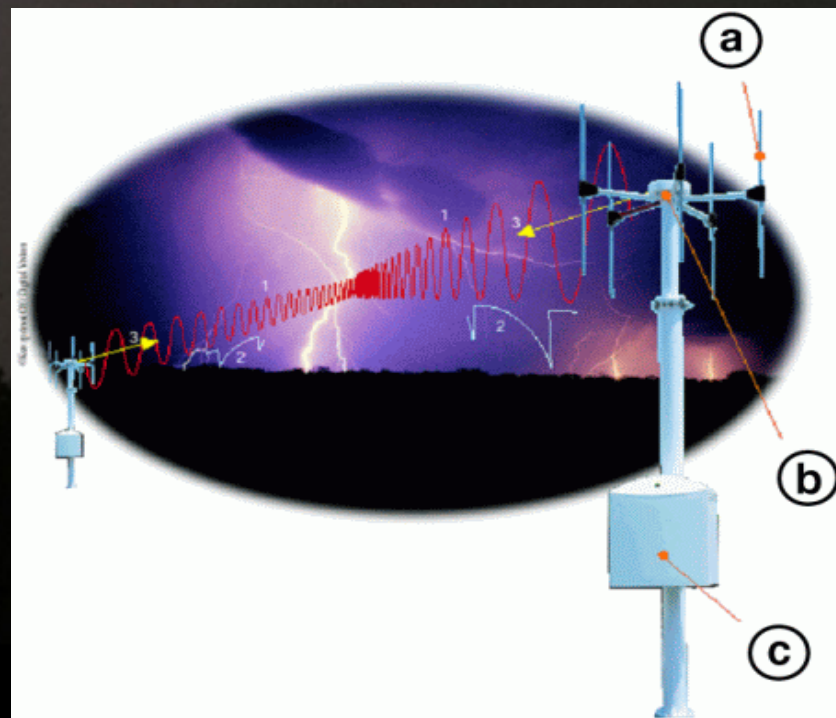
- metoda TOA na VDV
- velmi velký dosah, menší efektivita detekce

Sferics (Blitze) 04Jul2000 00 – 23 UTC



# Safir - Vaisala-Dimensions (Fr)

- VKV interferometrie (MDF - vždy pouze 2 sensory)
  - krátký dosah - nutnost přímé viditelnosti, lepší citlivost na slabší vyboje (především CC/IC)
  - problémy s falešnou detekcí rušivých signálů (letecké navigační systémy,..)
- vyvinuto a vhodné pro lokalizaci na menší ploše (letišť, kosmodrom, ....)



VHF antenna

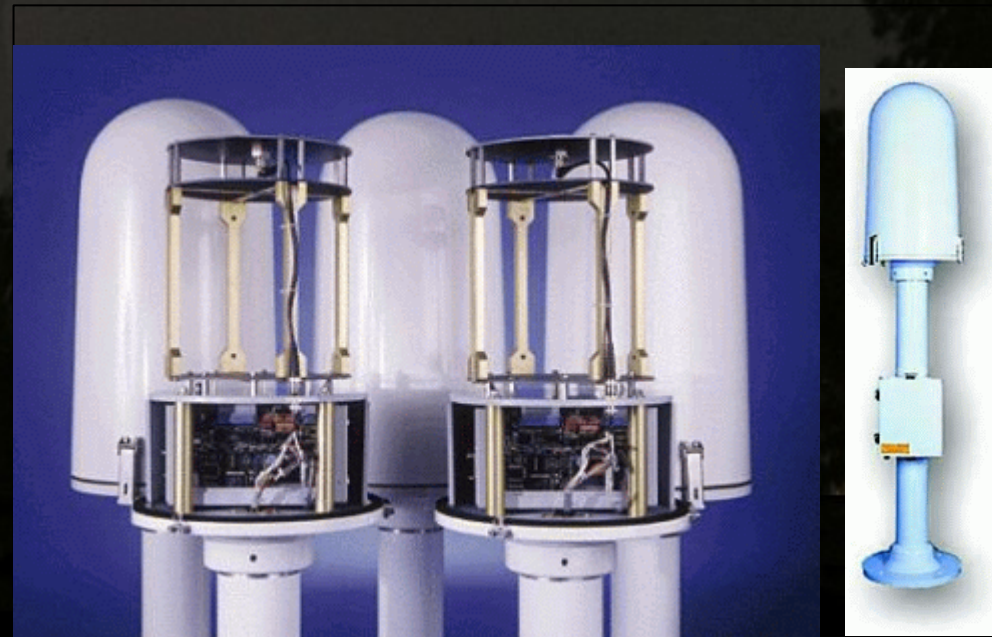
LF discriminator

electronics  
communication



# IMPACT/LPATS - Vaisala-GAI (USA)

- detekce v oblasti DV - kombinace TOA a MDF
  - při výpočtu polohy jsou uvažovány všechny senzory - výsledná poloha v těžišti, možnost váhování dle kvality senzoru (vzdálenost od výboje)
  - není problém s přímou viditelností
  - vhodné pro rozsáhlé detekční sítě - NLDN(USA+CA), CELDN-EUCLID(Europe)

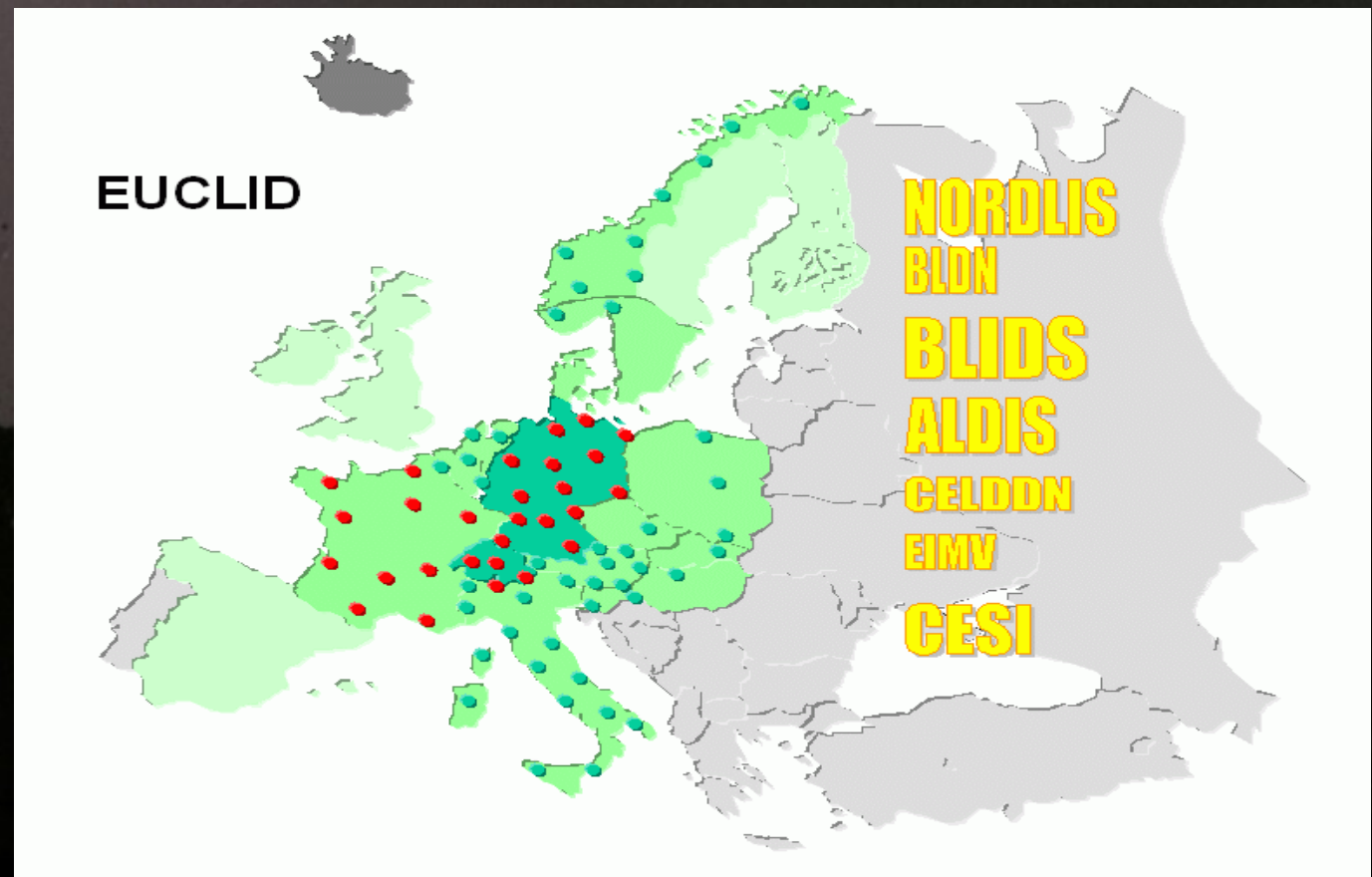


# LS-8xxx - Vaisala

- nejnovější nabídka
- modulární systém
- společný software (upravený GAI), telekomunikace, GPS, stožár
- zákazník si může vybrat mezi použitým detekčním čidlem (DV, VKV nebo kombinace obojího)
- kombinace TOA a MDF

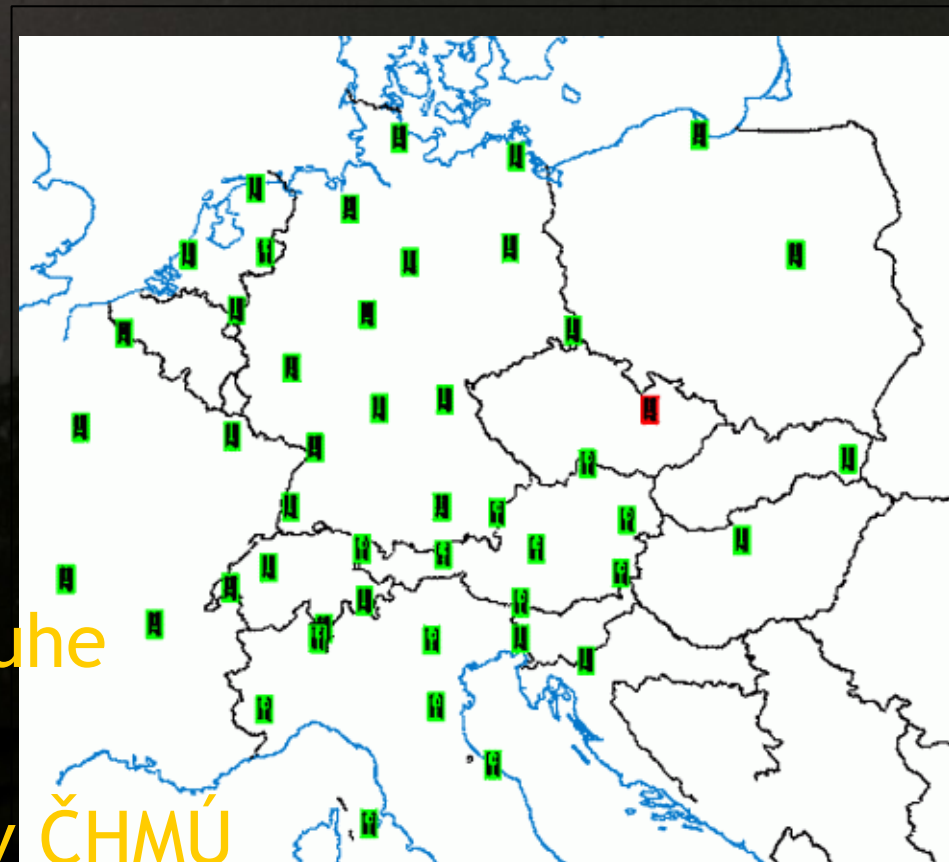
# *EUCLID -European Cooperation for Lightning Detection*

- založeno na LPATS/IMPACT senzorech - GAI
- mezinárodní výměna informací ze senzorů



# CELDN - Central European Lightning Detection Network

- založeno na LPATS/IMPACT senzorech - GAI
- provozováno Blids-Siemens (Karlsruhe) / GAI
- Sensory
  - BLIDS (Germany)
  - ALDIS (Austria)
  - sensory instalované GAI (nyní vlastněné Vaisala) v CZ,SK,HU,PL
- výpočet lokalizace - Karlsruhe
- od května 1999 využíváno v ČHMÚ





Instalace čidla IMPACT-ESP na pracovišti ODMI v Praze - Libuši

# Data CELDN v ČHMÚ

- data přijímána pomocí vyhraženého internetového SOCKET spojení
- binární data jsou dekodována a ukládána do SQL databáze (MySQL) - jednoduchý přístup k datům

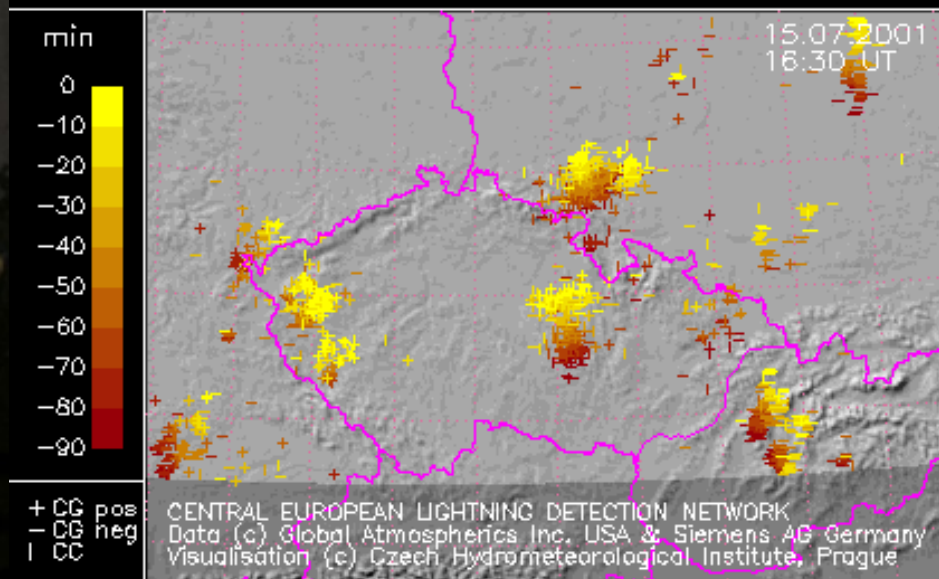
0	2001	7	15	16	30	47041	13.142951	49.956753	-150
0	2001	7	15	16	30	47091	13.145362	49.957230	-76
3	2001	7	15	16	30	47108	13.497226	49.531910	-34
0	2001	7	15	16	30	47295	13.144749	49.956375	-100
0	2001	7	15	16	30	47435	13.143874	49.957703	-120
0	2001	7	15	16	30	47505	13.148028	49.956696	-65
0	2001	7	15	16	30	47532	13.143678	49.955807	-108
3	2001	7	15	16	30	47919	18.771997	49.172485	59
3	2001	7	15	16	30	48408	13.192522	49.905670	67
3	2001	7	15	16	30	48433	13.179693	49.910557	34
0	2001	7	15	16	30	49112	16.316374	51.123955	-147
0	2001	7	15	16	30	49161	16.327547	51.124748	-142
0	2001	7	15	16	30	49249	16.320974	51.100658	-108
0	2001	7	15	16	30	49990	18.056200	53.711014	-114

# Data CELDN v ČHMÚ

- grafický výstup pro veřejný www server - blesky za posledních 90 minut - barvy vyznačují čas výboje (časový vývoj)
- 2km prostorové rozlišení

LIGHTNING STROKES:  $\Sigma$  2635, CG+ 14.2%, CG- 67.8%, CC 18.0%

Last data connection: 15.07.2001 16:26 UT



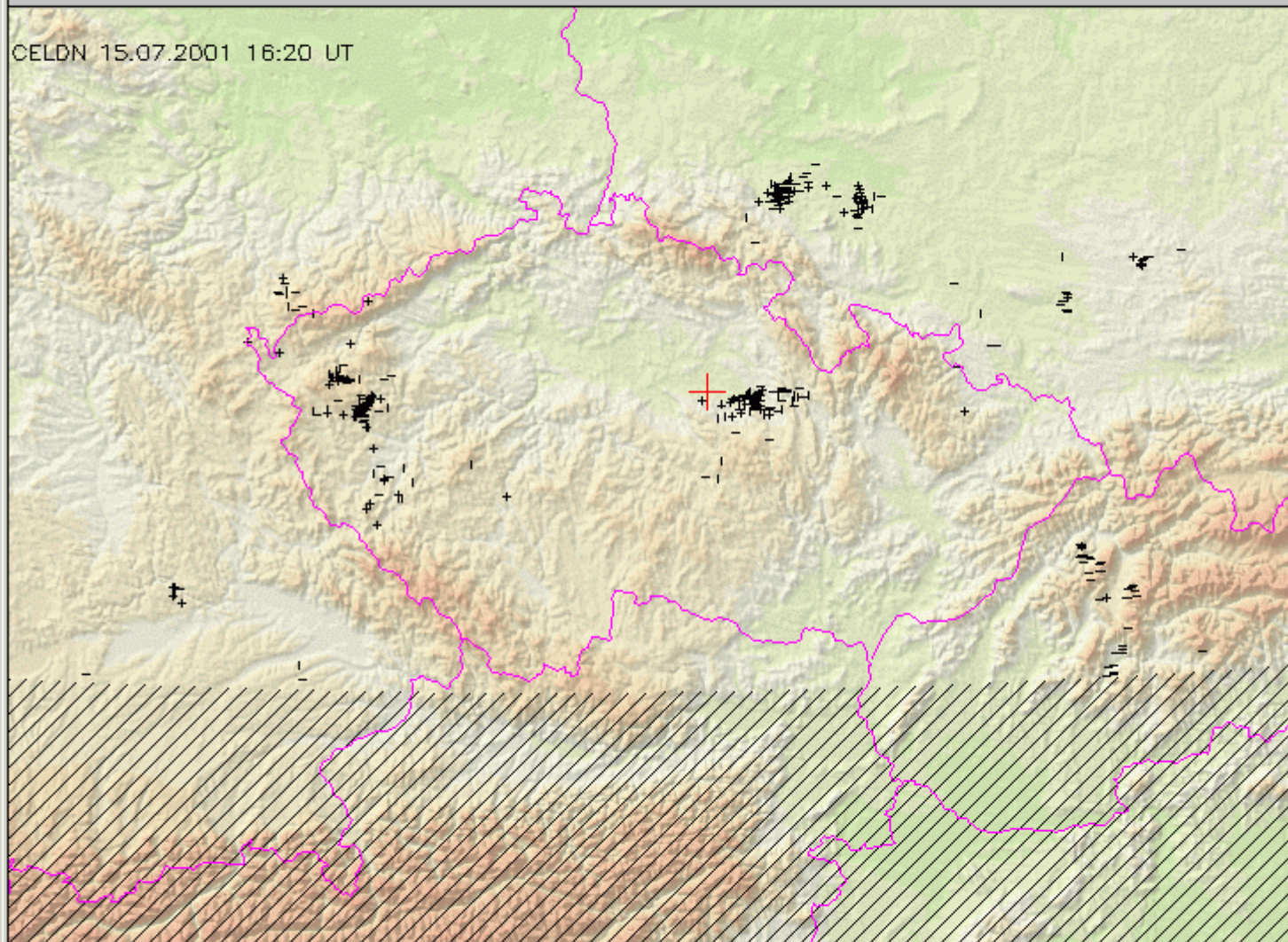
# Data CELDN pro vnitřní využití v ČHMÚ - JSMeteoView

CG- 246  
 CG+ 66  
 CC 94  
 Σ 406

CHMI Radar Department



CELDN 15.07.2001 16:20 UT



Every 6th 3rd

- 15.07.2001 17:30 ▲
- 15.07.2001 17:20
- 15.07.2001 17:10
- 15.07.2001 17:00
- 15.07.2001 16:50
- 15.07.2001 16:40
- 15.07.2001 16:30
- 15.07.2001 16:20
- 15.07.2001 16:10
- 15.07.2001 16:00
- 15.07.2001 15:50
- 15.07.2001 15:40 ▼

LOAD (45 / 45)

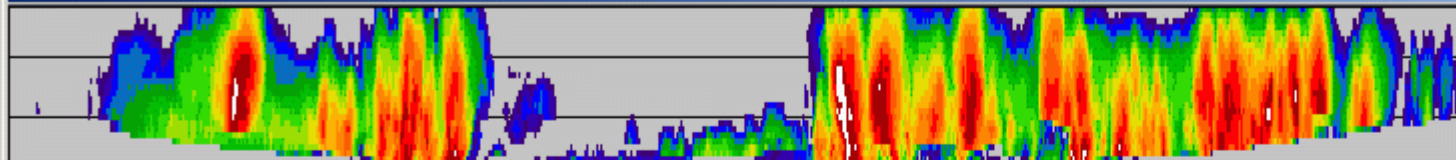
dBZ	°C
60.0	-90.0
56.0	-80.0
52.0	-70.0
48.0	-60.0
44.0	-50.0
40.0	-40.0
36.0	-30.0
32.0	-20.0
28.0	-10.0
24.0	
20.0	
16.0	- CG neg
12.0	+ CG pos
8.0	CC
4.0	

ANIM: 1 s/img LAST: +2 s AUTO UPDATE Do not update

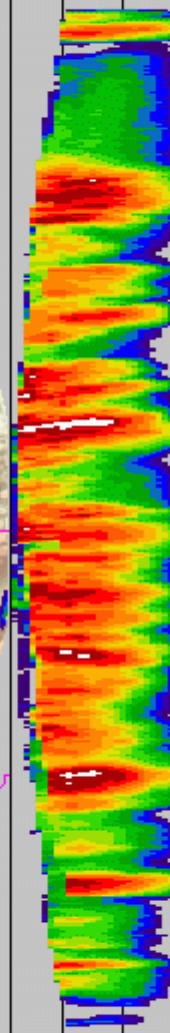
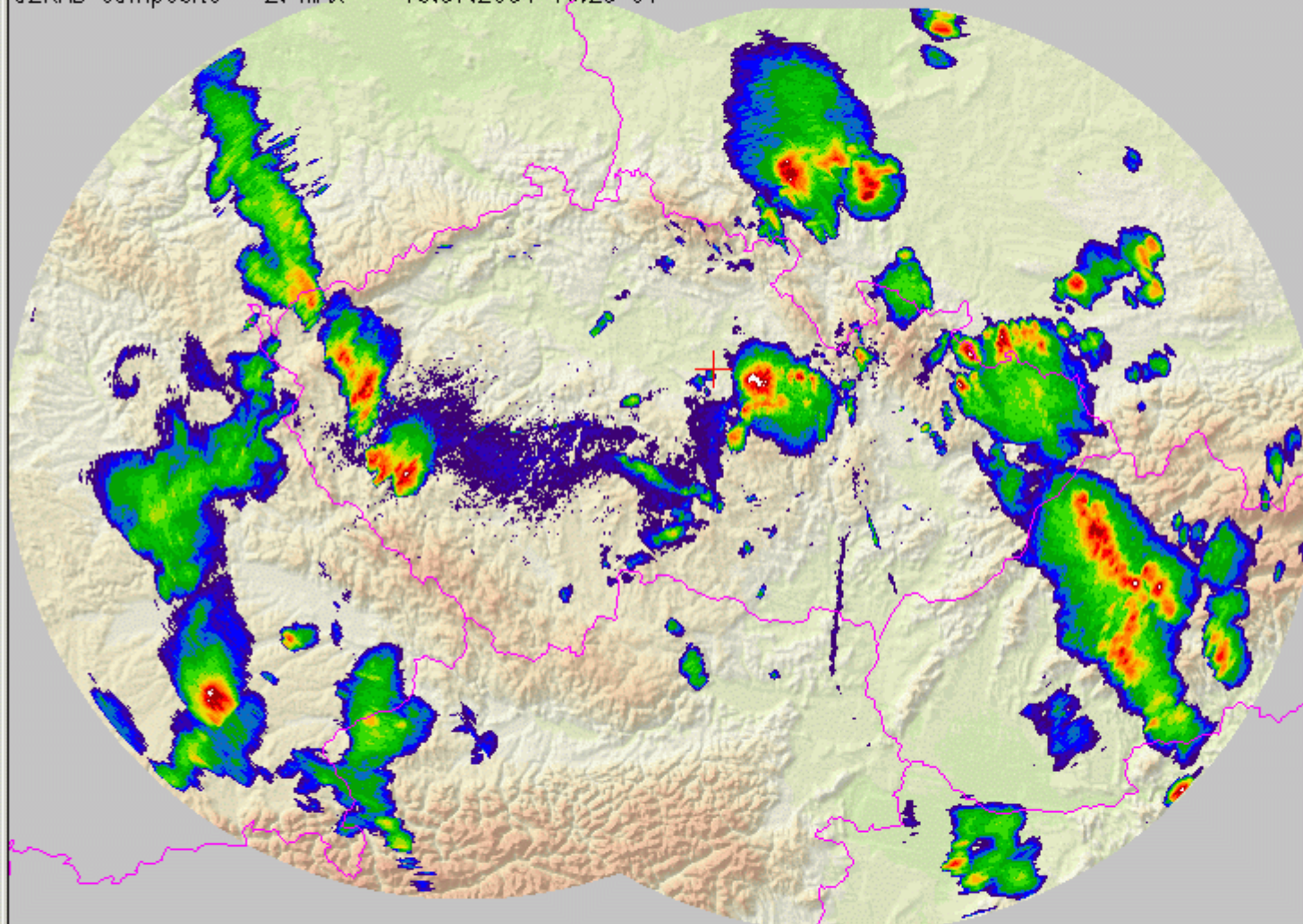
ORO col UND none PDUS RAD LIGHTNING NWP none OVR none

NAVIG. red LON. 15.74 LAT. 50.014 Pardubice (LKPD)





CZRAD composite - Z: MAX - 15.07.2001 16:20 UT



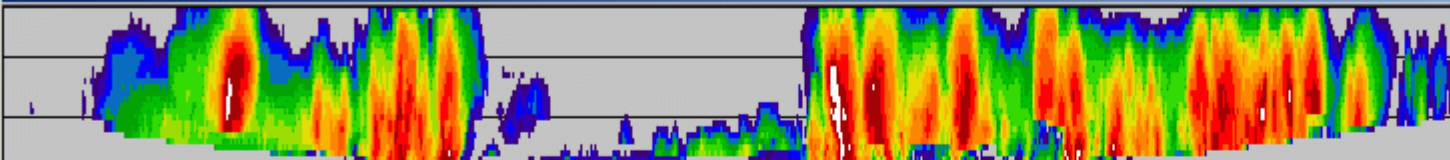
Every  6th  3rd

- 15.07.2001 17:30 ▲
- 15.07.2001 17:20
- 15.07.2001 17:10
- 15.07.2001 17:00
- 15.07.2001 16:50
- 15.07.2001 16:40
- 15.07.2001 16:30
- 15.07.2001 16:20
- 15.07.2001 16:10
- 15.07.2001 16:00
- 15.07.2001 15:50
- 15.07.2001 15:40 ▼

LOAD (45 / 45)

dBZ	°C
60.0	-90.0
56.0	-80.0
52.0	-70.0
48.0	-60.0
44.0	-50.0
40.0	-40.0
36.0	-30.0
32.0	-20.0
28.0	-10.0
24.0	
20.0	
16.0	- CG neg
12.0	+ CG pos
8.0	CC
4.0	

ANIM: 1 s/img LAST: +2 s AUTO UPDATE Do not update  
 ORO col UND none PDUS  RAD  LIGHTNING  NWP none OVR none  
 NAVIG. red LON. 15.74 LAT. 50.014 Pardubice (LKPD)

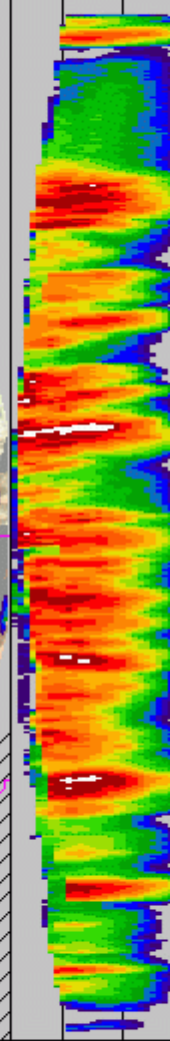
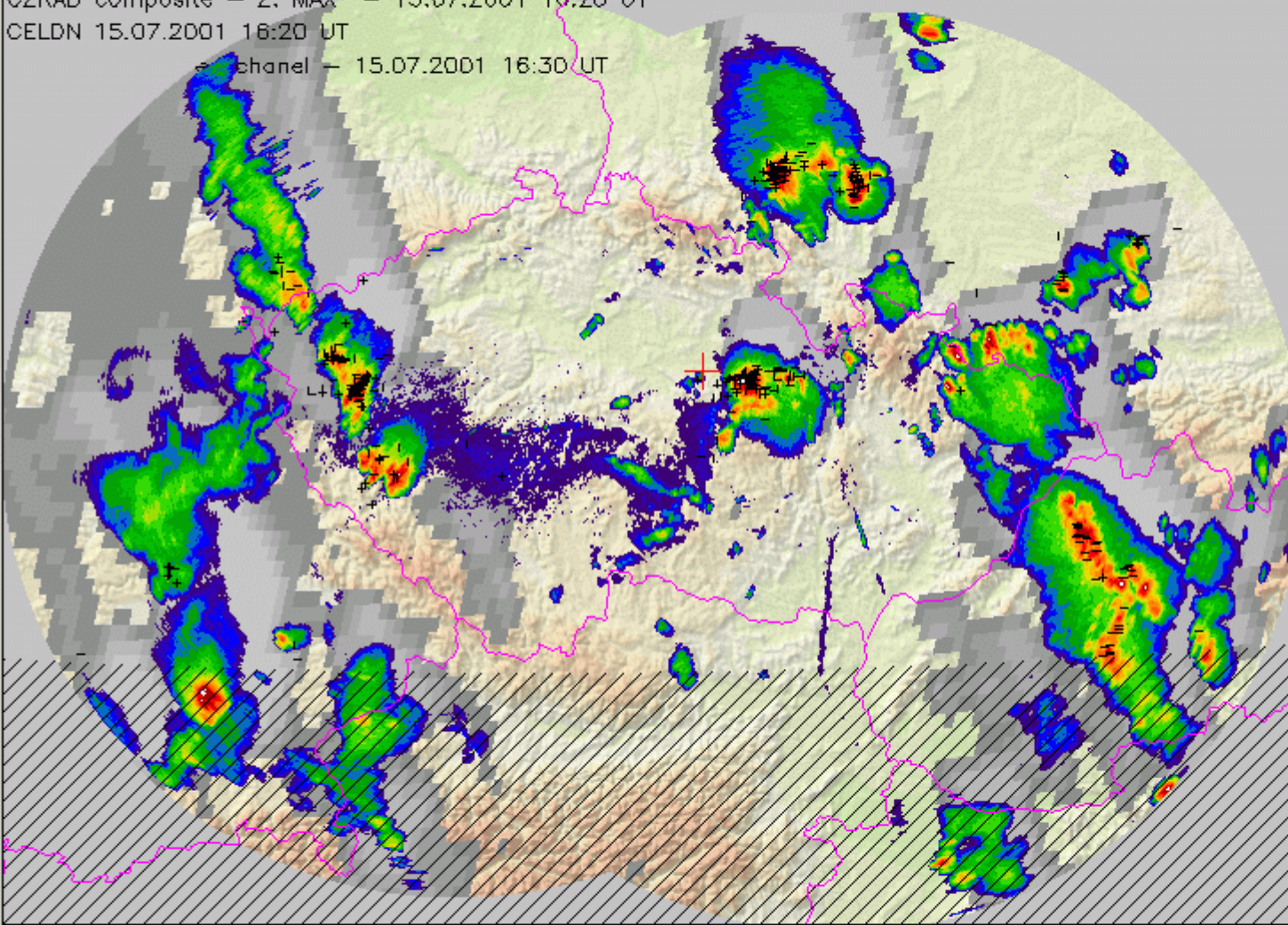


CG- 246  
CG+ 66  
CC 94  
Σ 406

CHMI Radar Department



CZRAD composite - Z: MAX - 15.07.2001 16:20 UT  
 CELDN 15.07.2001 16:20 UT  
 Channel - 15.07.2001 16:30 UT



Every 6th 3rd

- 15.07.2001 17:30 ▲
- 15.07.2001 17:20
- 15.07.2001 17:10
- 15.07.2001 17:00
- 15.07.2001 16:50
- 15.07.2001 16:40
- 15.07.2001 16:30
- 15.07.2001 16:20
- 15.07.2001 16:10
- 15.07.2001 16:00
- 15.07.2001 15:50
- 15.07.2001 15:40 ▼

LOAD (45 / 45)

dBZ	°C
60.0	-90.0
56.0	-80.0
52.0	-70.0
48.0	-60.0
44.0	-50.0
40.0	-40.0
36.0	-30.0
32.0	-20.0
28.0	-10.0
24.0	
20.0	
16.0	- CG neg
12.0	+ CG pos
8.0	CC
4.0	

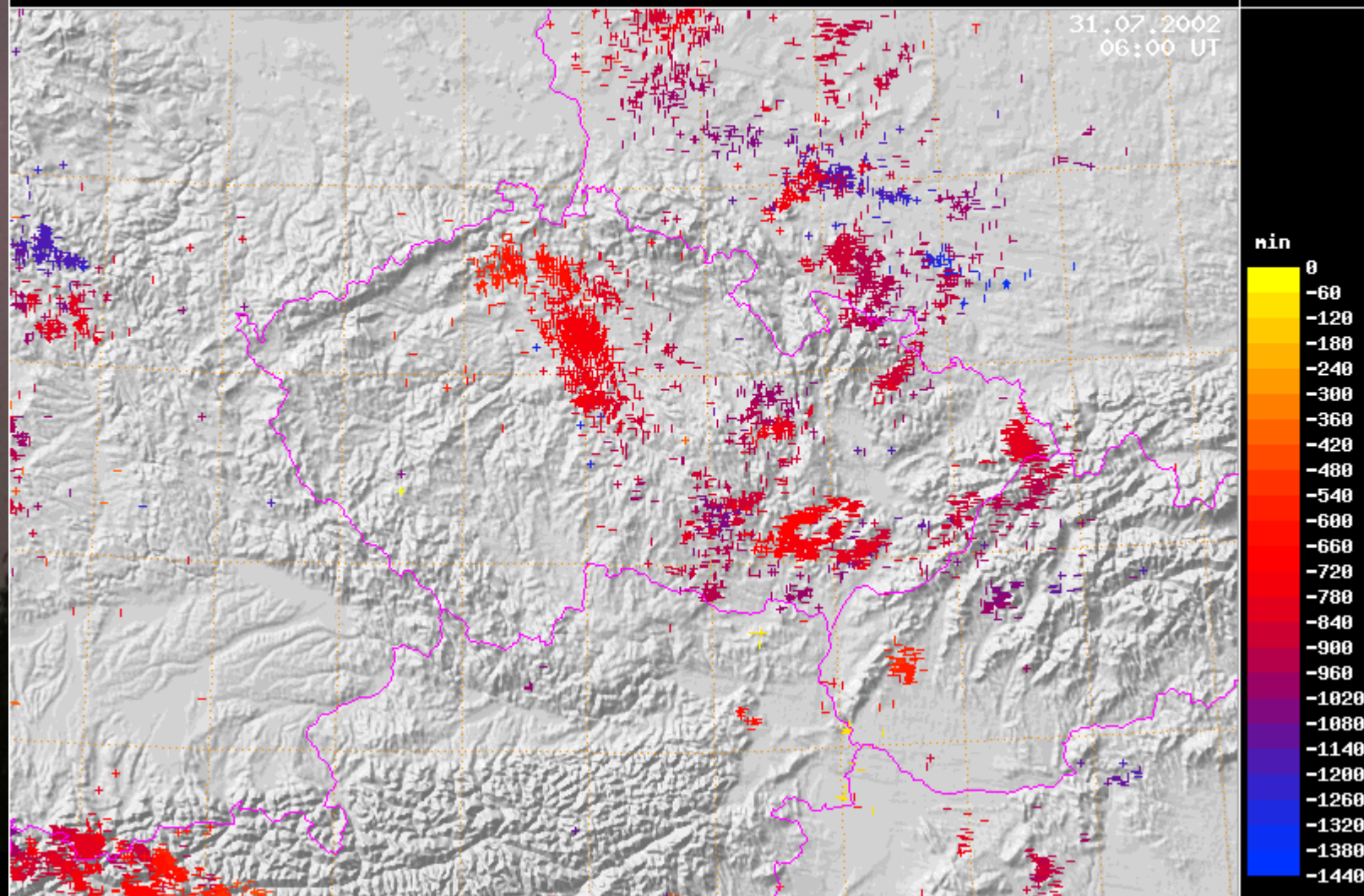
ANIM: 1 s/img ▾ LAST: +2 s ▾ AUTO UPDATE Do not update ▾  
 ORO col ▾ UND none ▾ PDUS  RAD  LIGHTNING  NWP none ▾ OVR none ▾  
 NAVIG. red ▾ LON. 15.74 LAT. 50.014 Pardubice (LKPD) ▾

# 24h zobrazení výbojů

## CENTRAL EUROPEAN LIGHTNING DETECTION NETWORK

Data (c) Global Atmospheric Inc. USA & Siemens AG Germany  
Visualisation (c) Czech Hydrometeorological Institute

CG+	750
CG-	4293
CC	1916
SUM	6959

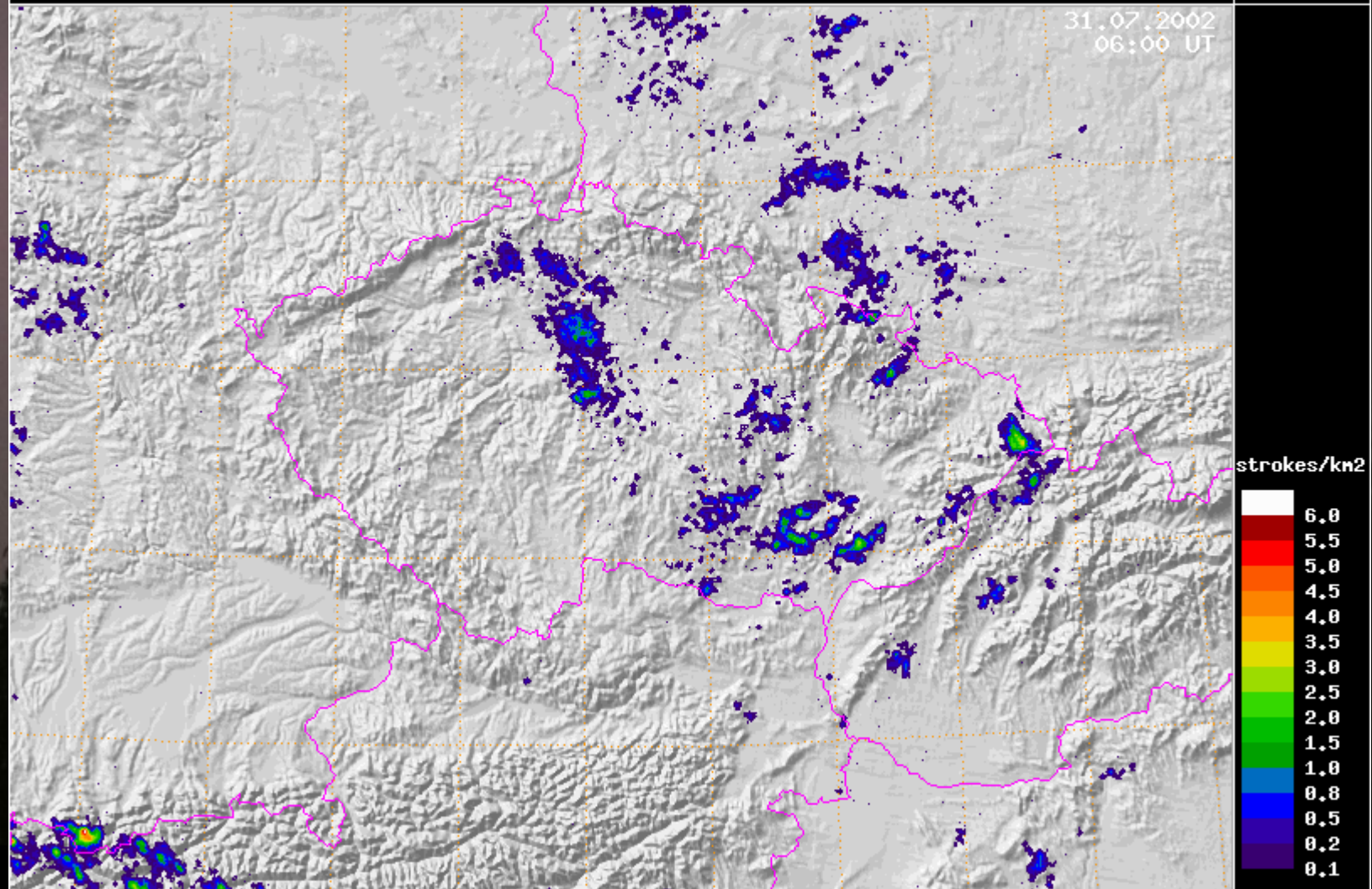


# 24h zobrazení hustoty blesků

## CENTRAL EUROPEAN LIGHTNING DETECTION NETWORK

Data (c) Global Atmospheric Inc. USA & Siemens AG Germany  
Visualisation (c) Czech Hydrometeorological Institute

CG+	750
CG-	4293
CC	1916
SUM	6959



# 24h statistika výpadků dat

2002-07-30 11:54	2002-07-30 11:57	VYPADEK 3 min
2002-07-30 12:11	2002-07-30 12:14	VYPADEK 3 min
2002-07-30 12:20	2002-07-30 12:24	VYPADEK 4 min