

# Kosmické záření a jeho detekce stanicí CZELTA

---

Jiří Slabý

[slabyji2@fjfi.cvut.cz](mailto:slabyji2@fjfi.cvut.cz)

30.10.2008, Fyzikální seminář,

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská Českého vysokého učení technického v Praze

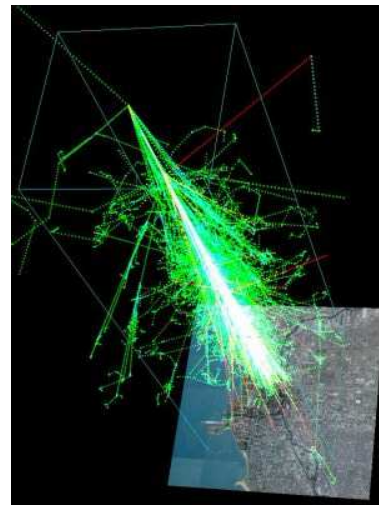
# Co nás čeká...

---

- Kosmické záření
  - Historie
  - Vlastnosti
- Detekce kosmického záření
  - Experimenty
- Projekt CZELTA
  - Technika
  - Analýza
    - Zpracování dat
- Shrnutí

# Historie kosmického záření

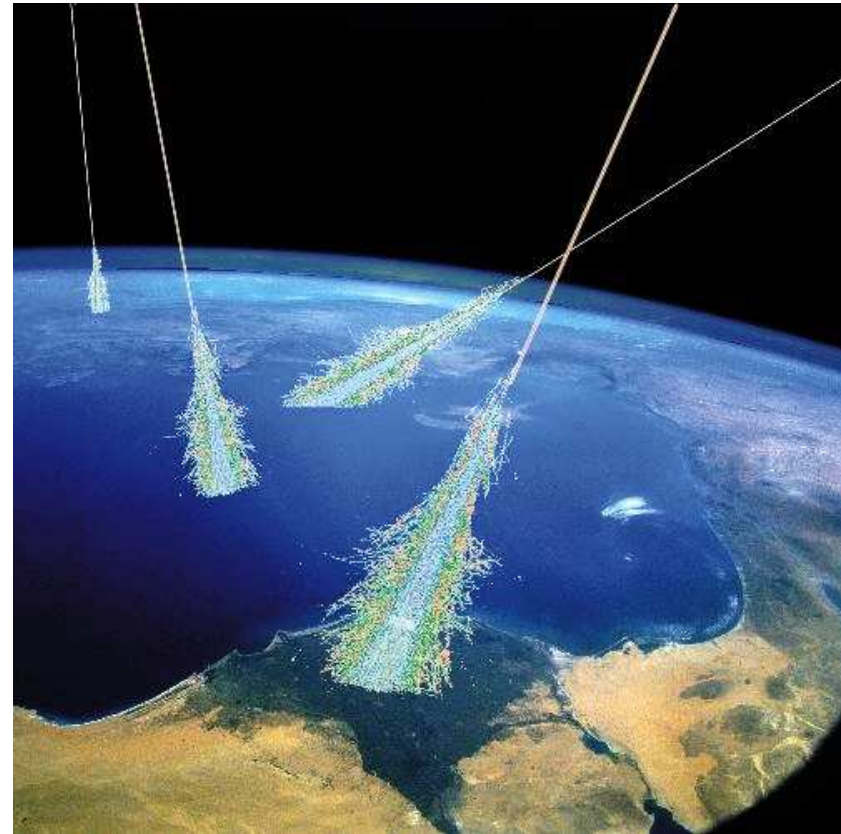
- Objev – 1912 Victor Hess
  - balonové experimenty s elektroskopem, výška 5,5 km
  - i v Ústí nad Labem
  - Nobelova cena 1936



- 1938 Pierre Auger
  - Alpy 3000 m.n m.
  - příchod částic ve sprškách – 200 m

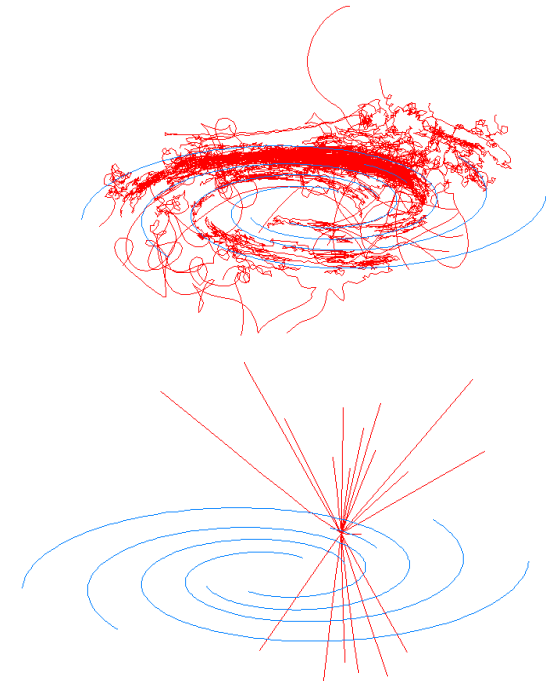
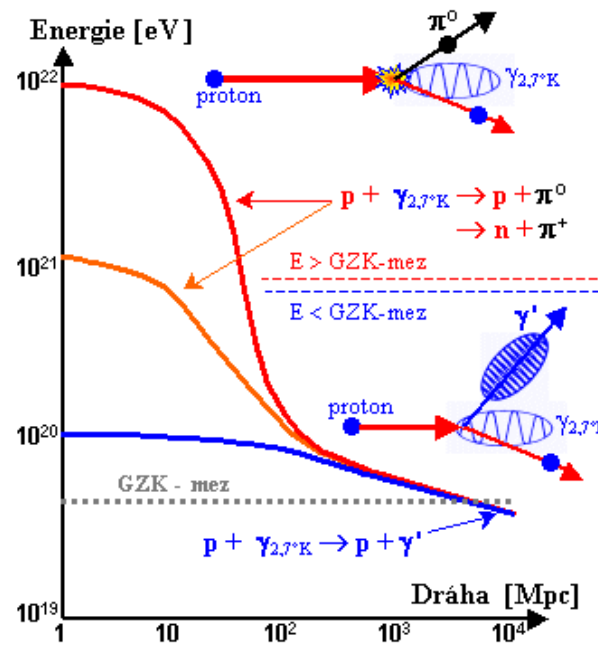
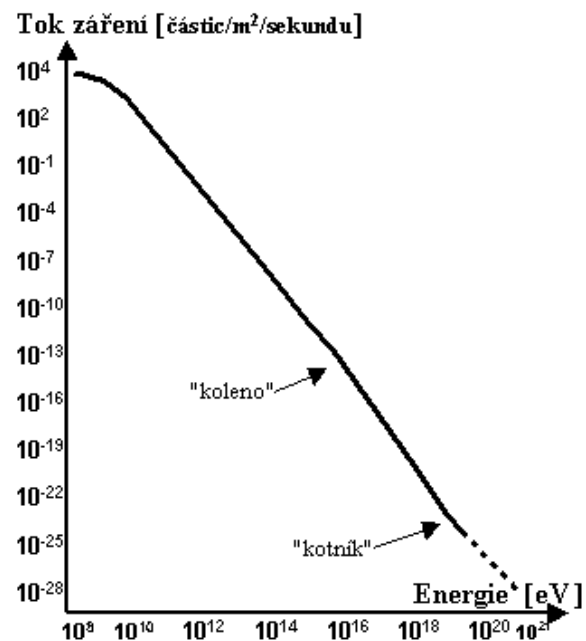
# Kosmické záření

- Rozdělení
  - Primární složka
    - ve vesmíru
  - Sekundární složka
    - vznik srážkami s atomy v atmosféře → spršky
- Proč jej zkoumat?
  - Historické souvislosti
    - důležitost v minulosti i budoucnosti
  - Aktuální astrofyzikální téma
    - nezodpovězené otázky týkající se vzniku



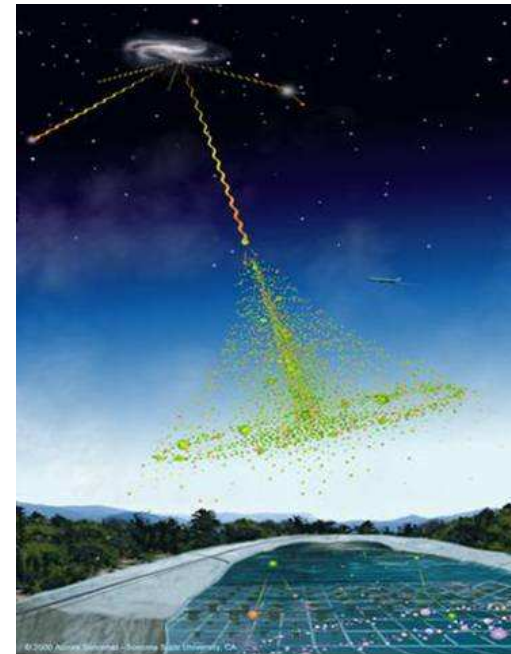
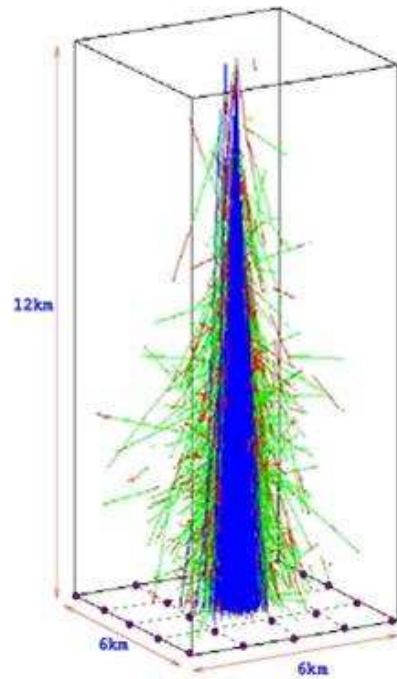
# Energie primárního kosmického záření

- Částice se pohybují téměř rychlostí světla.
- Energie
  - pod  $10^9$  eV → sluneční vítr (extrasolární je jím tudíž pohlceno) → na Zemi se nedostane → Van Allenovy pásy
  - od  $10^{10}$  eV až k  $10^{21}$  eV → až na Zemi
    - Mnohonásobně energetičtější než částice na LHC  $10^{14}$  eV.
- Tok klesá s  $1/E^3$ .
- Téměř izotropní rozložení – průchod magnetickým polem.
- Důležitý GZK limit  $5 \cdot 10^{19}$  eV – srážky s reliktními fotony.



# Sekundární kosmické záření

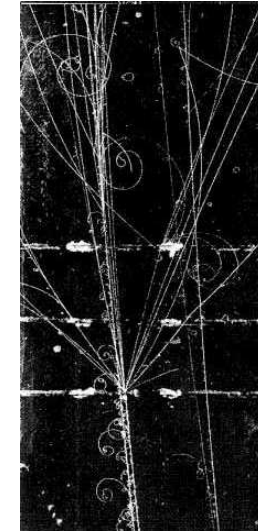
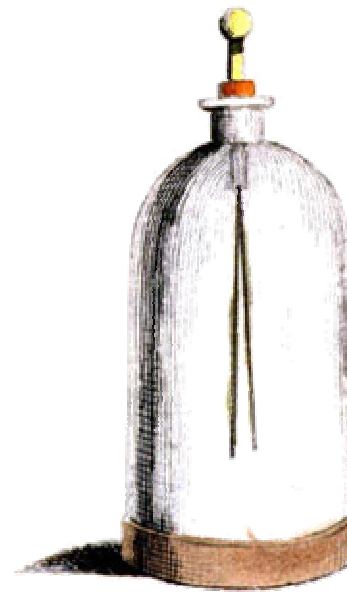
- ❑ Vznik interakcí primární částice s částicemi v atmosféře – počátek ve výšce zhruba 20 – 30 km.
- ❑ Velikost kuželu spršky je závislá na energii primární částice.
- ❑ Sprška je ovlivněna meteorologickými veličinami.
- ❑ Složení elektrony, pozitrony, fotony, hadrony, neutrina, miony (dle typu sekundárních částic můžeme zjistit typ primární částice).
- ❑ Vznik některých důležitých radioaktivních izotopů např.  $^{14}\text{C}$ 
  - Stálý obsah v atmosféře – využívání pro dataci odumřelých organismů.





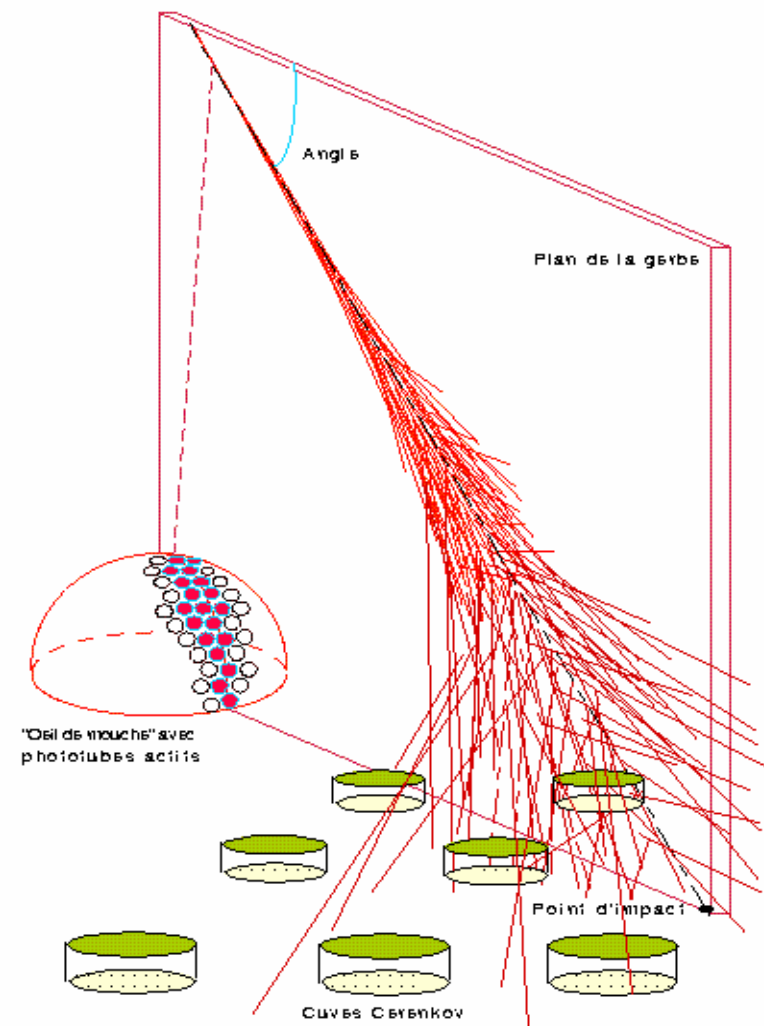
# Detekce kosmického záření

- Prvotní: elektroskopy
- Později: fotografická emulze, mlžná komora, bublinková komora
- Dnes: převod na elektronický impulz
  - Detekce fluorescenčního světla
  - Scintilační detektory
  - Detektory Čerenkovova záření
- Moderní použití:
  - Balonové experimenty
  - Kosmické sondy
  - Pozemská detekce
    - Pierre Auger Observatory
    - CZELTA



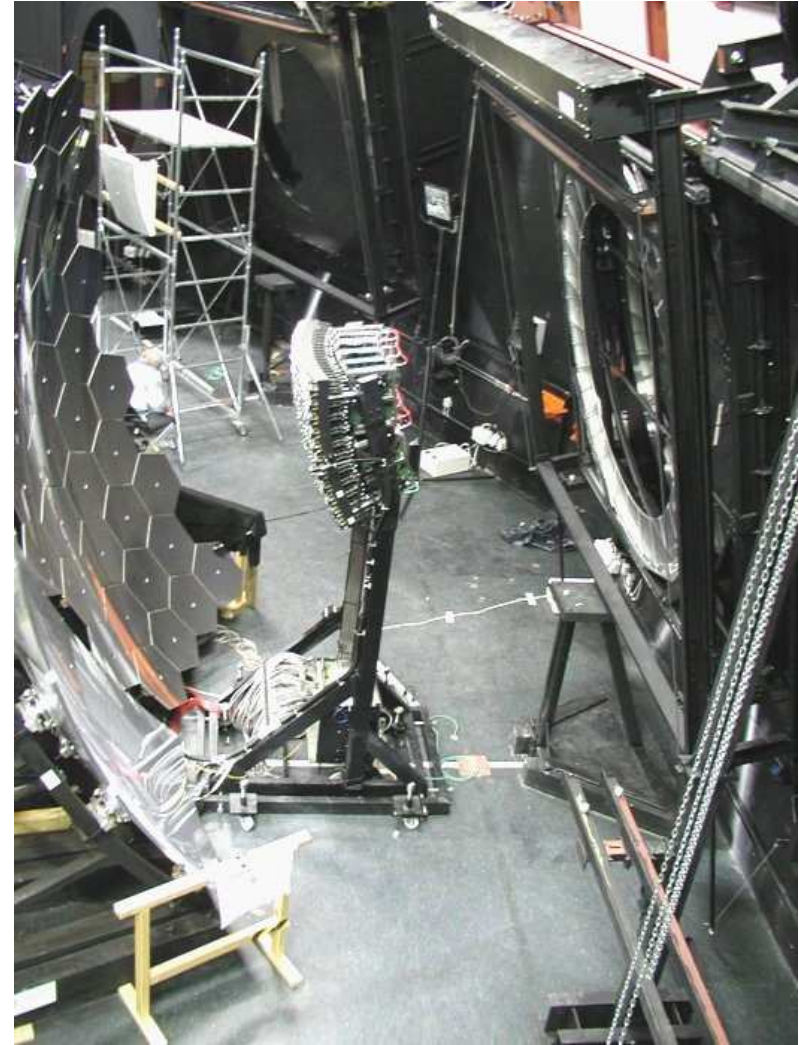
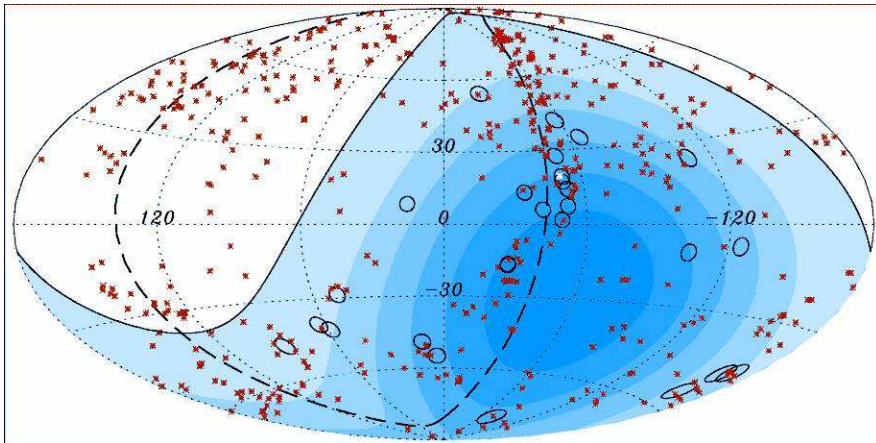
# Pierre Auger Observatory

- Argentina, stavba od roku 2000
- Hybridní detekce – dvě nezávislá měření
  - 4 observatoře, každá 6 světelných komor
  - 1600 pozemních detektorů
  - plocha 3000 km<sup>2</sup>
- Zaměřen na částice nad GZK limitem
- „Česká“ observatoř COIHUECO





# Pierre Auger Observatory



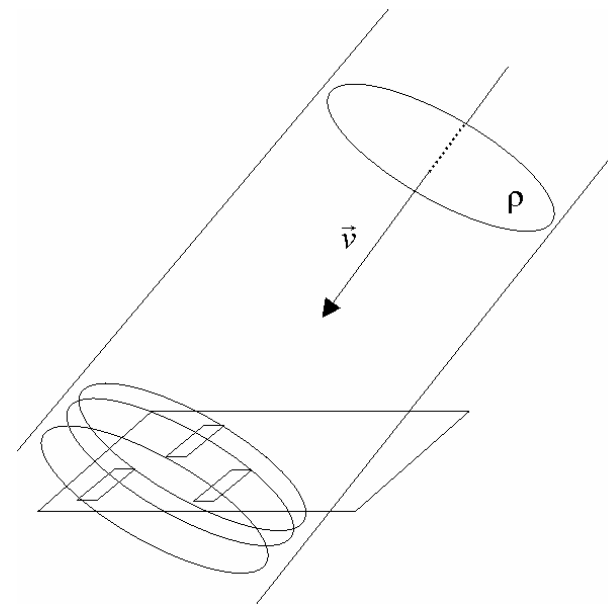
# Projekt CZELTA

---

- Založen v roce 2005 ÚTEF ČVUT v Praze
- Síť relativně jednoduchých detekčních stanic v České republice,
- Spršky – původ v částici s energií minimálně  $10^{14}$  eV.
- CZELTA = CZEch Large-area Time coincidence Array
- Detekční stanice
  - detektory kosmického záření (scintilační desky, fotonásobiče)
  - Elektronika
  - GPS přijímač
  - meteorologická stanice
  - PC

# Detektory na střeše gymnázia

- ❑ 3 detektory na střeše Gymnázia Pardubice, umístěné v rozích trojúhelníku
- ❑ Výpočet směru spršky přes analytickou geometrii.





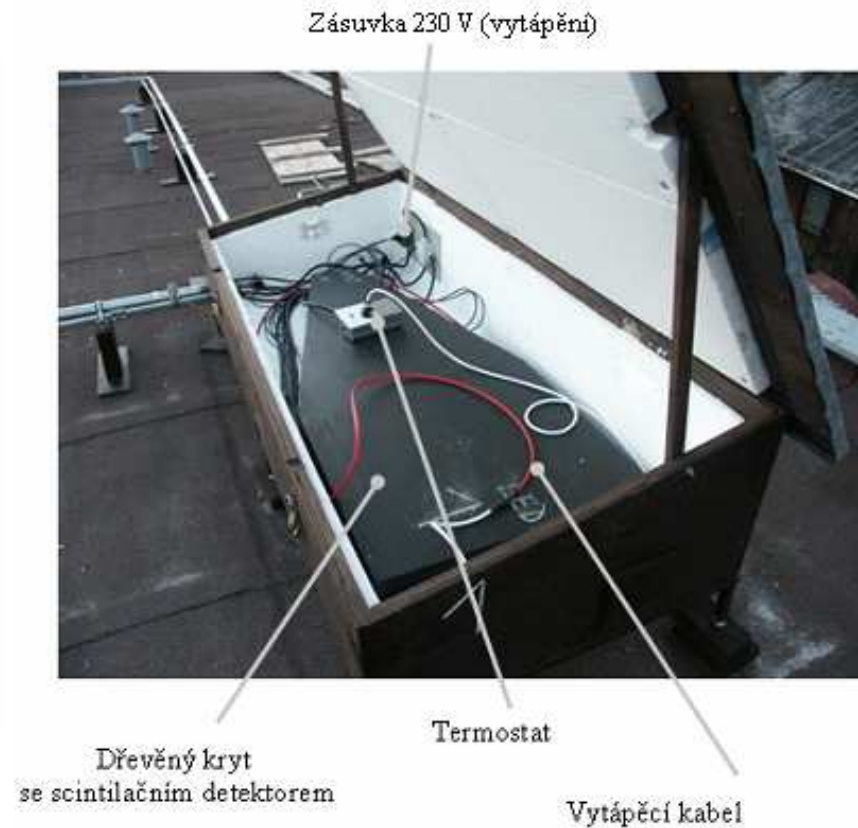
# Boxy s detektory, meteorologická stanice, fotonásobič



# Detail detektoru

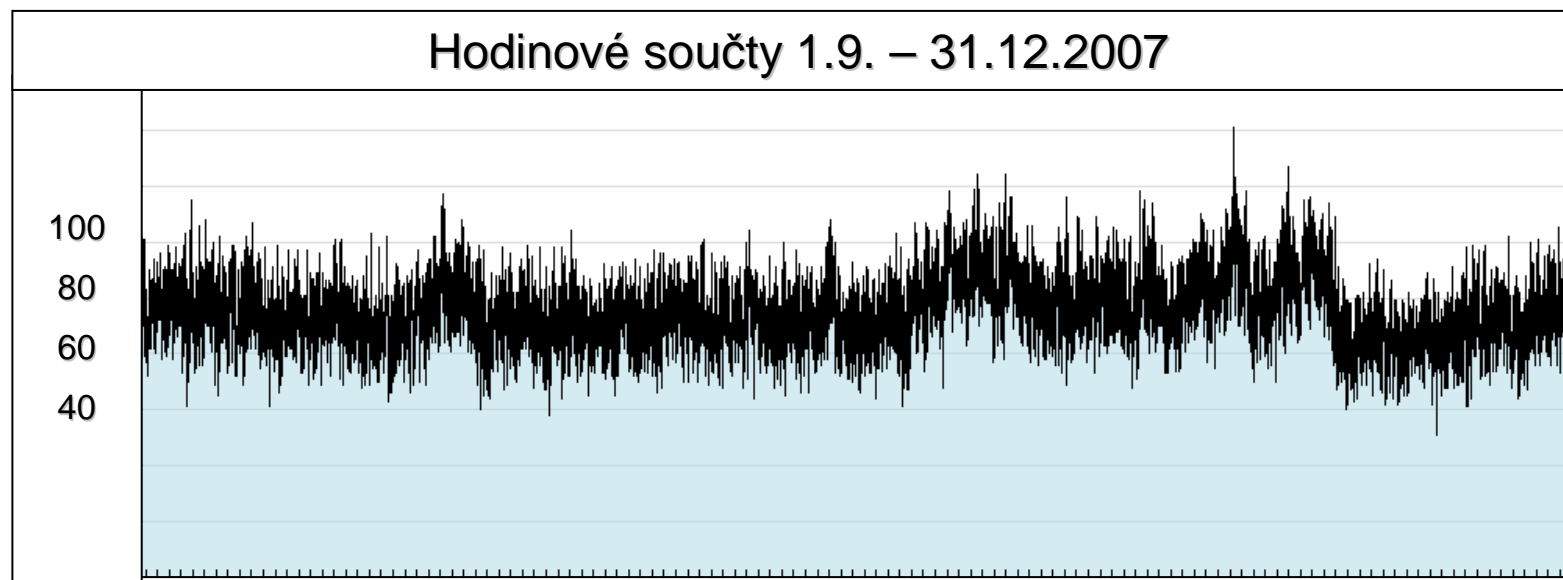
Box detektoru obsahuje

- ❑ Scintilator (organický plast – polyvinyltoluen)
- ❑ Fotonásobič
- ❑ Vytápění
- ❑ Testovací LED



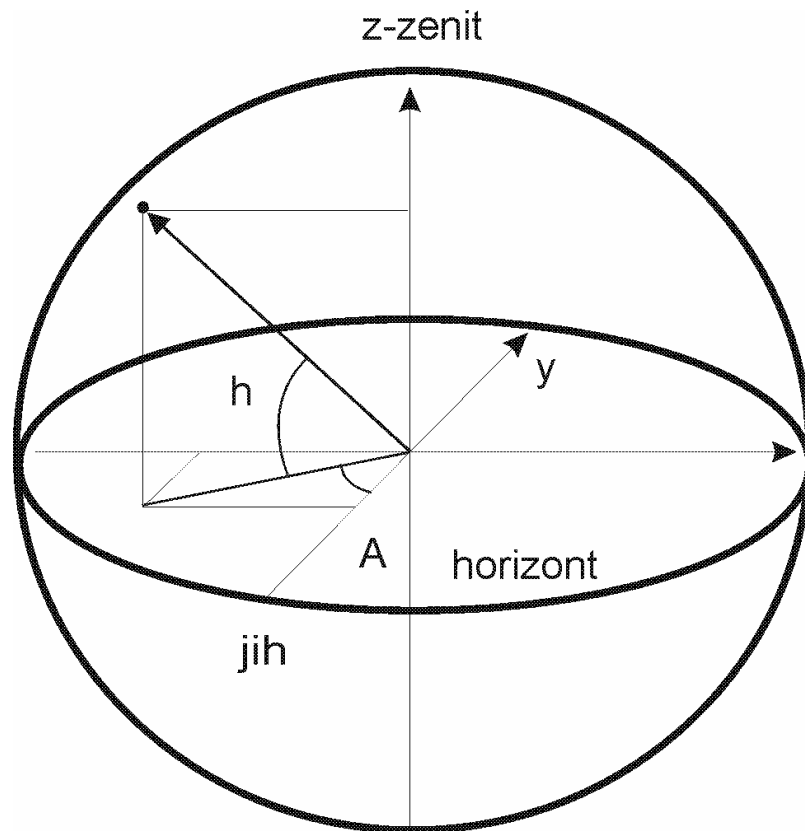
# Struktura dat a počet spršek

R	M	D	h	min	s	ns	TDC0	TDC1	TDC2	E0	E1	E2	T0	T1	T2	T uvnitř
2007	10	01	01	19	09	263953275.0	973	3764	4095	432	597	0	16.0	16.5	16.5	27.0
2007	10	01	01	19	39	835470680.4	4095	3781	1612	198	186	155	16.0	16.5	16.5	27.0
2007	10	01	01	19	49	211618520.1	365	3766	2162	499	140	441	16.0	16.5	16.5	27.0



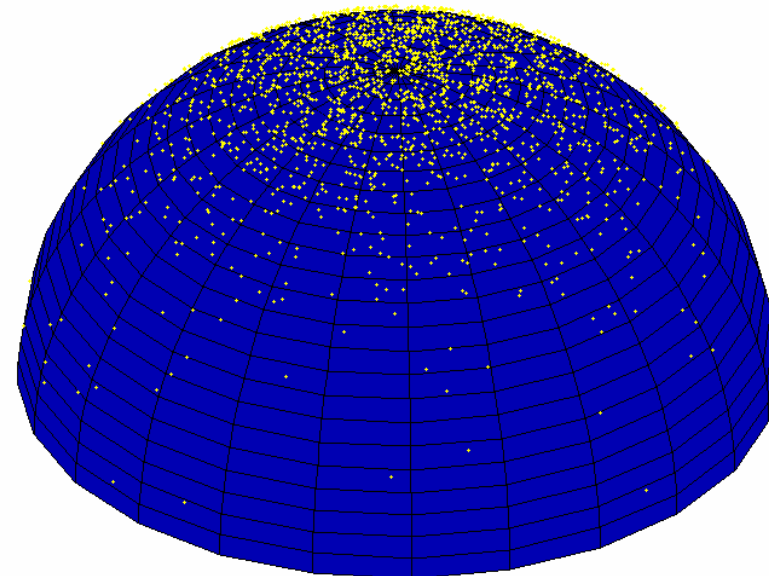


# Obzorníkové souřadnice



- Obzorníkové souřadnice jsou azimut (od jihu) a výška nad obzorem.

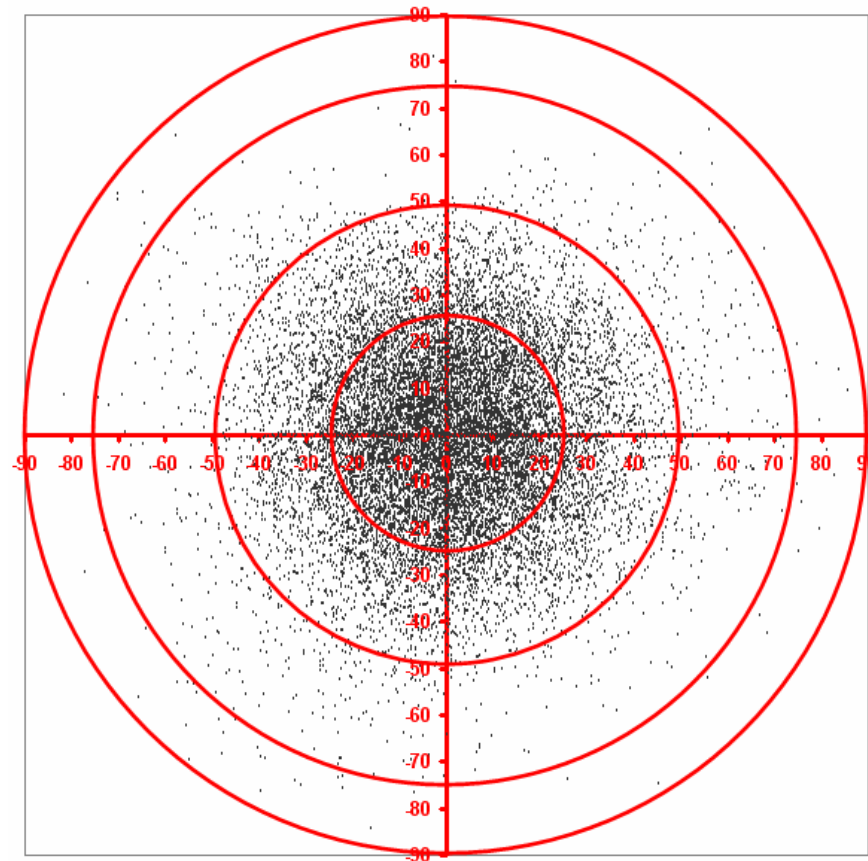
x- západ



# Množství spršek ze zenitových vzdáleností

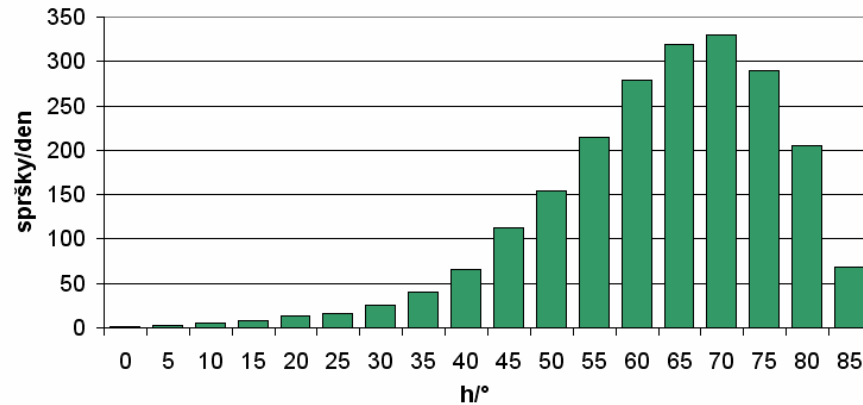
Zenitová vzdálenost	Množství ze všech spršek
25°	56%
50°	95%
75°	99,5%

Průmět do roviny horizontu při němž souhlasí zenitová vzdálenost 1. až 7. září 2007

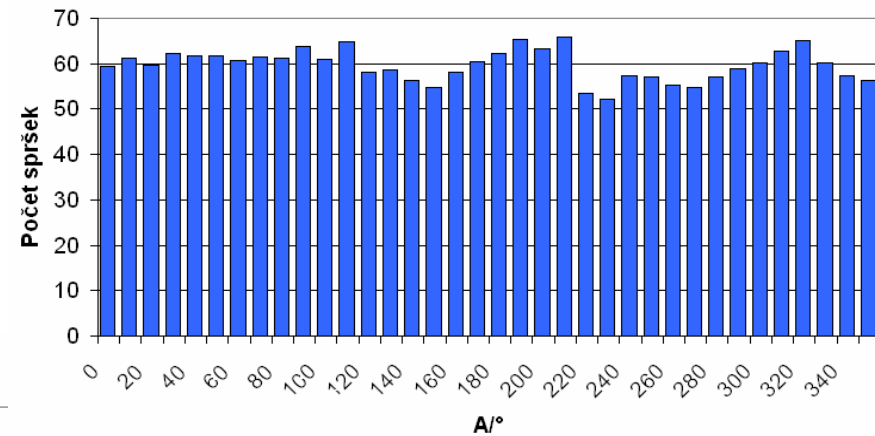


# Obzorníkové souřadnice - grafy

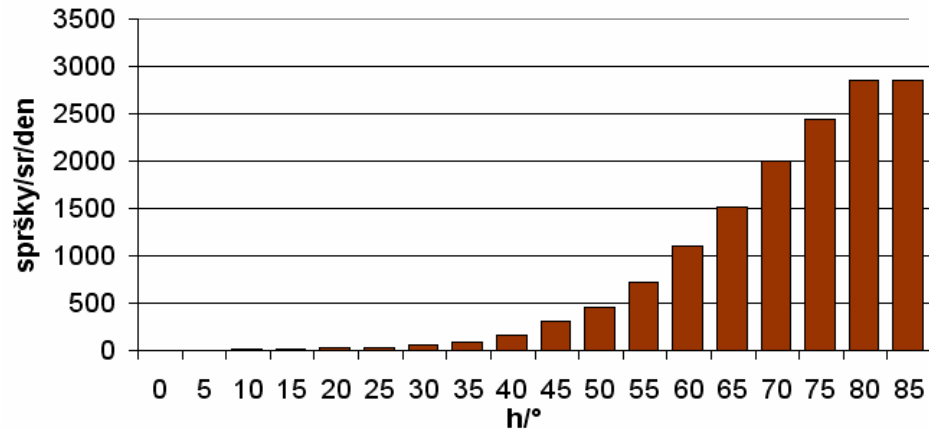
Počet spršek za den v závislosti na výšce nad obzorem  
1. až 7. září 2007



Počet spršek za den v závislosti na azimutu  
1. až 7. září 2007

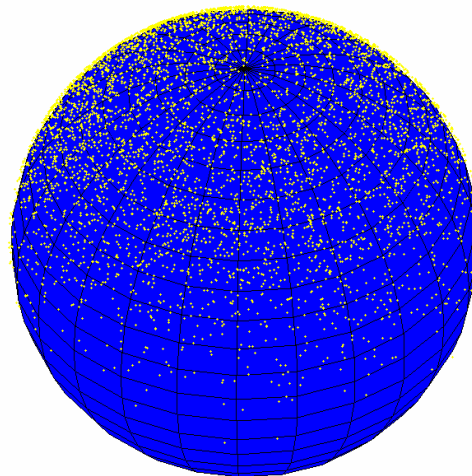
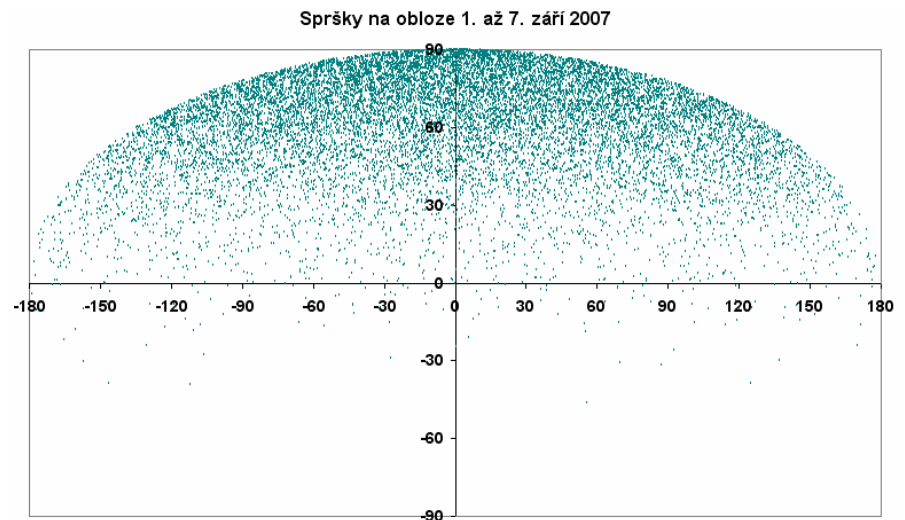
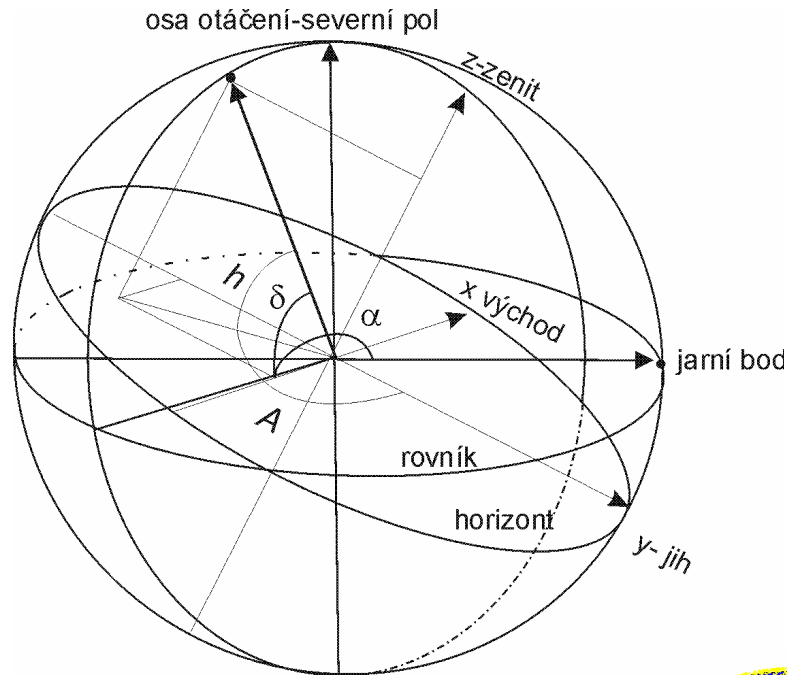


Počet spršek na steradián za den v závislosti na výšce nad obzorem  
1. až 7. září 2007



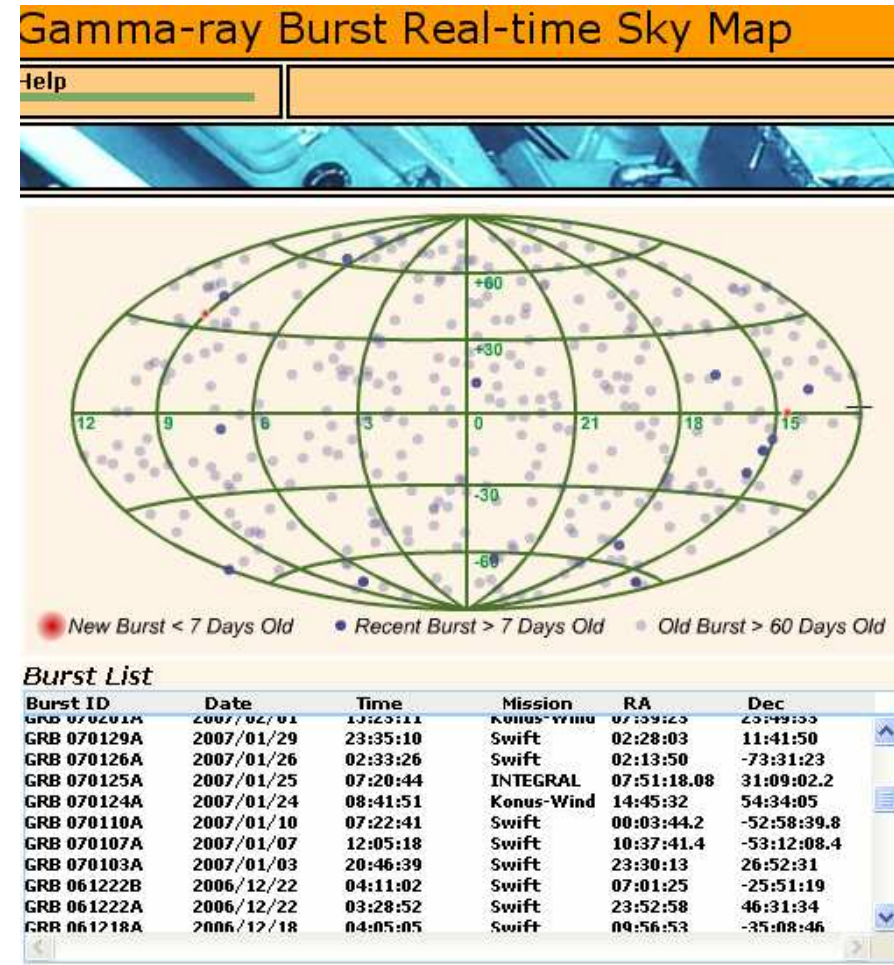
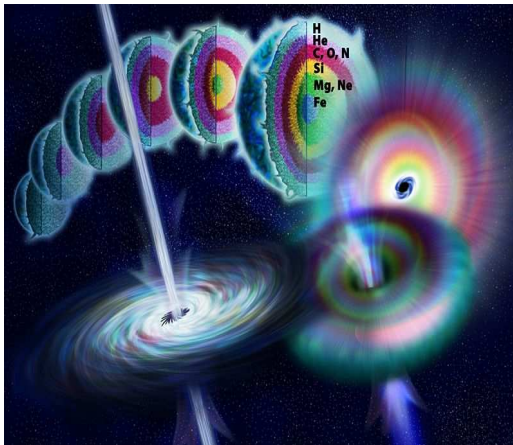
# Ekvatoreální souřadnice II. druhu deklinace $\delta$ , rektascenze $\alpha$

- Souřadnice nezávislé na pohybech Země – používané astronomy.



# Výtrysky gama záření

- Výtrysky gama záření (GRB) – extrémně energetické fotony, různé teorie vzniku, ale nepotvrzené.
- Gama fotony nejsou vychylovány magnetickými poli – lze přesně rekonstruovat směr jejich příletu



# GRB 070714A



GRB 070714A

14. července 2007

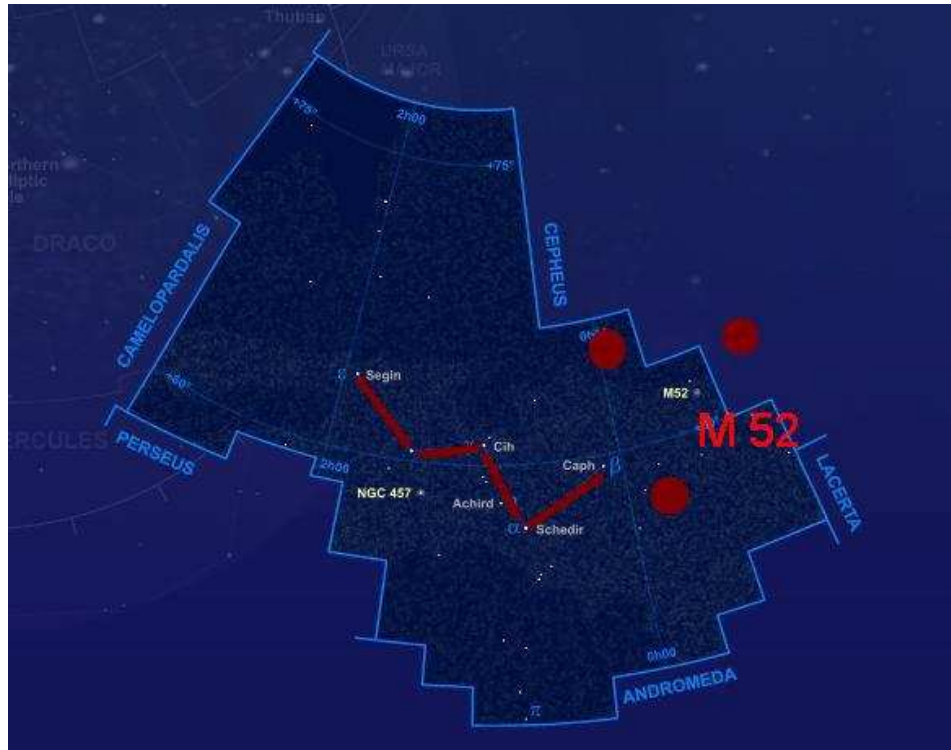
Zdroj dat	UTC/h:min:s	$\alpha$ /h:min	$\delta$ /° : ' "
Internet	4:59:29	2:51	30:14
CZELTA	5:01:03	3:16	25:06

Úhlová vzdálenost  $\Delta = 6,2^\circ$

Pravděpodobnost náhodné události: 0,013



# Cluster



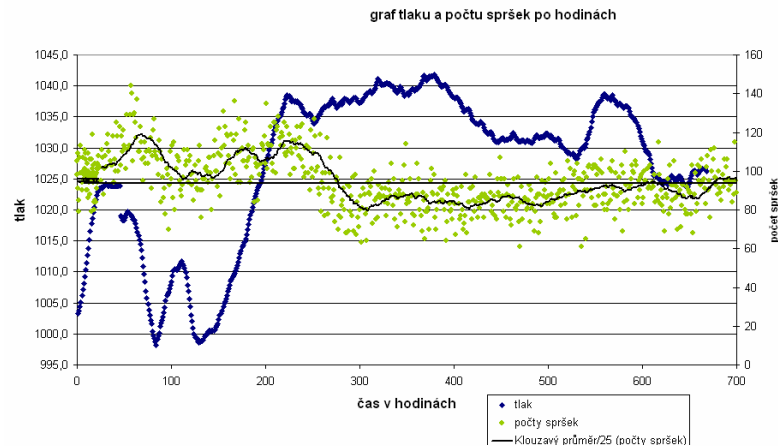
- Cluster = zvýšený počet spršek v neobvykle krátkém časovém úseku.
- Můžeme zkontrolovat směr, zdali spršky přišly ze stejného místa na obloze.

Pravděpodobnost  
náhodné události:  $5 \cdot 10^{-8}$

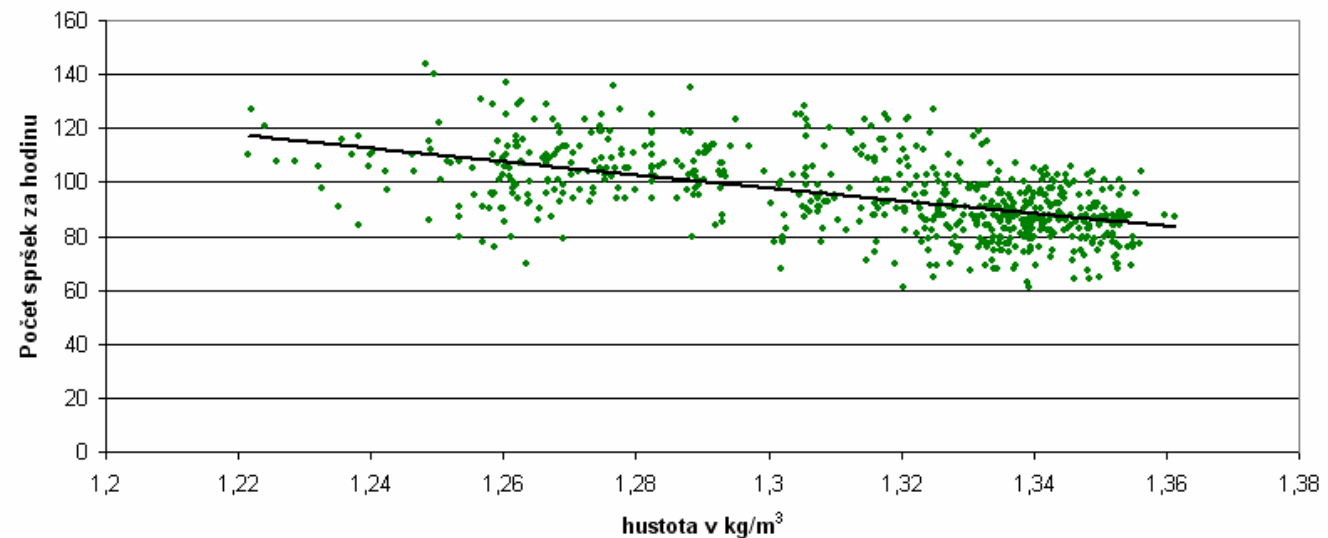
P	R	M	D	H	M	S	h/°	A/°	δ/°	α/°
<b>1.</b>	<b>2007</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>46</b>	<b>0</b>	<b>63</b>	<b>135</b>	<b>63</b>	<b>346</b>
<b>2.</b>	<b>2007</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>46</b>	<b>8</b>	<b>68</b>	<b>144</b>	<b>65</b>	<b>359</b>
<b>3.</b>	<b>2007</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>46</b>	<b>15</b>	<b>68</b>	<b>121</b>	<b>56</b>	<b>355</b>

# Závislost počtu srážek na meteorologických veličinách

- Zkoumali jsme zvláště závislost tlaku – předpoklad hustší atmosféry, částice by měly rychleji ztrácet energii.



Závislost počtu srážek za hodinu na hustotě



# Závěr

---

- ❑ Na Zemi dopadají částice z vesmíru
- ❑ Jeho energie dosahuje hodnoty až  $10^{21}$  eV
- ❑ Primární částice vytvářejí v atmosféře spršku sekundárních částic
- ❑ Detekce primárního kosmického záření na sondách a balónech, sekundární pak hlavně pomocí pozemních experimentů
- ❑ Izotropní rozložení vyplývající se změny směru díky dlouhé cestě v magnetickém poli
- ❑ Identifikace zdrojů pomocí zdrojů vysokoenergetických gama
- ❑ Možnost ohrožení života na Zemi → nutnost identifikace potenciálních blízkých zdrojů
- ❑ Možnost jej zkoumat i v ČR
- ❑ Více informací:
  - <http://gypce.wz.cz/czelta.pdf>
  - <http://www.utef.cz>