Kozmické žiarenie a kozmické počasie.

Karel Kudela, ÚEF SAV Košice

kkudela@kosice.upjs.sk

Evanjelické gymnázium J. A. Komenského

Košice, 11.11.2011

1600	Predpoklad o Zemi ako o veľkom magnete	HILBERT
1741	Korelácia polárnych žiarí s magnetickými variáciami	CELSIUS
1808	Zavedenie pojmu "magnetická búrka"	von HUMBOLDT
1859	Spojitosť medzi slnečnou erupciou a magnetickou búrkou	CARRINGTON
→ *1912*	*OBJAV A ZAČIATOK VÝSKUMU KOZMICKÉHO ŽIARENIA*	*HESS*

1. Kozmické žiarenie (KŽ).
    1.1. Z histórie.
    1.2. Kozmické žiarenie a heliosféra
    1.3. Kozmické žiarenie a magnetosféra Zeme
2. Kozmické počasie (KP).
3. Vzťahy KŽ a KP.

1. KŽ. Z histórie.

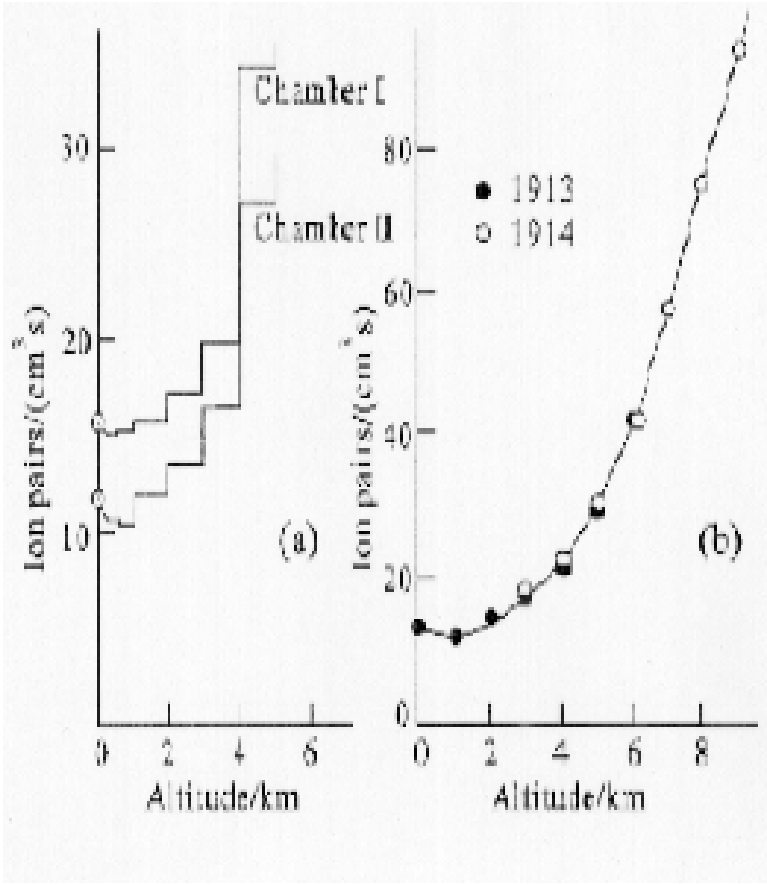
1912

Victor Hess, z Univerzity vo Viedni, podnikol balónové lety do ~ 5300 m. Objavil dôkaz o veľmi prenikavej radiácii ***(kozmické žiarenie, KŽ),*** ktoré prichádza ***z vonkajšieho priestoru*** za našou atmosférou.

Až v **r. 1936**, V. Hess získal za tento objav Nobelovu cenu.

Predtým než sa začala rozvíjať technika urýchľovačov, fyzici vystupovali na hory a podnikali balónové experimenty, aby pozorovali KŽ, pretože toto dlho bol (***a dodnes v oblasti extrémne vysokých energií je***) ***prirodzený zdroj častíc vysokých energií***, ktoré vstupujú do našej atmosféry.

http://www-hep2.fzu.cz/~smida/auger-history.html



1912

Z histórie kozmického žiarenia 1

- **1912**
- Objav kozmického žiarenia - balón.
- **1929**
- S použitím hmlovej komory (detekcia častíc podľa ich dráhy) Dimitry Skobelzyn ***pozoroval po prvý raz dráhy častíc vyvolaných primárne z kozmického priestoru***.
- **1932**
- Rozvinula sa ***diskusia o povahe tohto „žiarenia“.*** Podľa teórie Roberta Millikana, ide o gama žiarenie z kozmu, preto názov „kozmické žiarenie“ je výstižný.
- Ale neskoršie pokusy ukázali, že ide o chybný predpoklad. Ukázalo sa, že ***ide hlavne o kladne nabité častice s obrovskou energiou***.
- **1933**
- ***Pri pozorovaní KŽ v hmlovej komore***, Carl Anderson objavil antihmotu vo forme „anti-elektrónu“, neskôr nazvaného ***pozitrón***. Pozitrón je častica rovnaká ako elektrón, ale má opačný (kladný) elektrický náboj.

Z histórie kozmického žiarenia 2

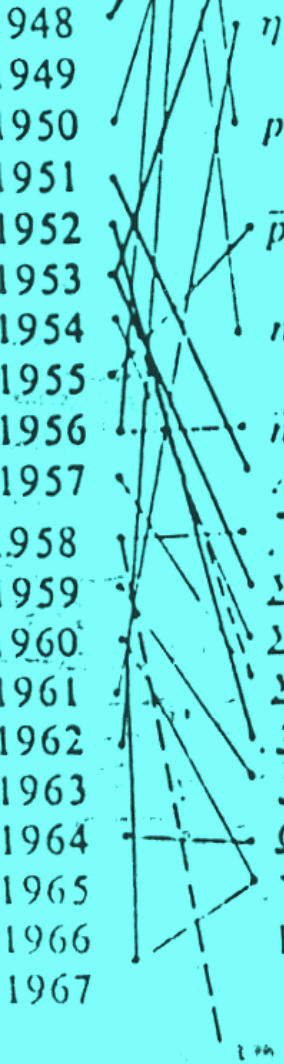
- **1937**
- Seth Neddermeyer a Carl Anderson ***objavili*** elementárne častice - ***mióny*** v KŽ. Pozitrón a mión boli prvými zo série subatómových častíc objavených v KŽ. Tieto objavy dali vznik novej vednej disciplíne – ***fyzike elementárnych častíc***. Časticoví fyzici používali pre svoje výskumy výlučne KŽ pred r. 1950 (prvé urýchľovače).
- **1938**
- Pierre Auger umiestnil časticové detektory vysoko v Alpách. Zistil, že ***dva detektory umiestnené ďaľeko od seba*** (desiatky metrov aj viac) ***zaznamenávajú signály od prichádzajúcich častíc presne v tom istom čase***. Objavil tzv. ***rozsiahle atmosférické spŕšky*** (EAS, extensive air showers), tj. sekundárne subatomové častice kreované pri zrážkach primárnych vysokoenergetických častíc s atómami resp. molekulami vo vzduchu. Na základe tohto merania prišiel k záveru, že EAS sú iniciované ***primárnymi časticami s energiou až 10^{15} eV*** — desať miliónov krát vyššou, než mali častice dovtedy pozorované.
- **1949**
- Enrico Fermi položil základy k ***objasneniu urýchľovania KŽ do extrémnych energií***. Jednou z jeho teórií je ***teória urýchľovania rázovou vlnou***, resp. urýchľovania medzi magnetickými oblakmi (nehomogenitami), ktoré sa navzájom približujú a častice pri mnohonásobnom odraze od nich získávajú postupne energiu. Explodujúce hviezdy (supernovy) pôsobia ako takéto kozmické urýchľovače, ale samy nemôžu objasniť množstvo a energiu častíc KŽ.

Hillas, 1982

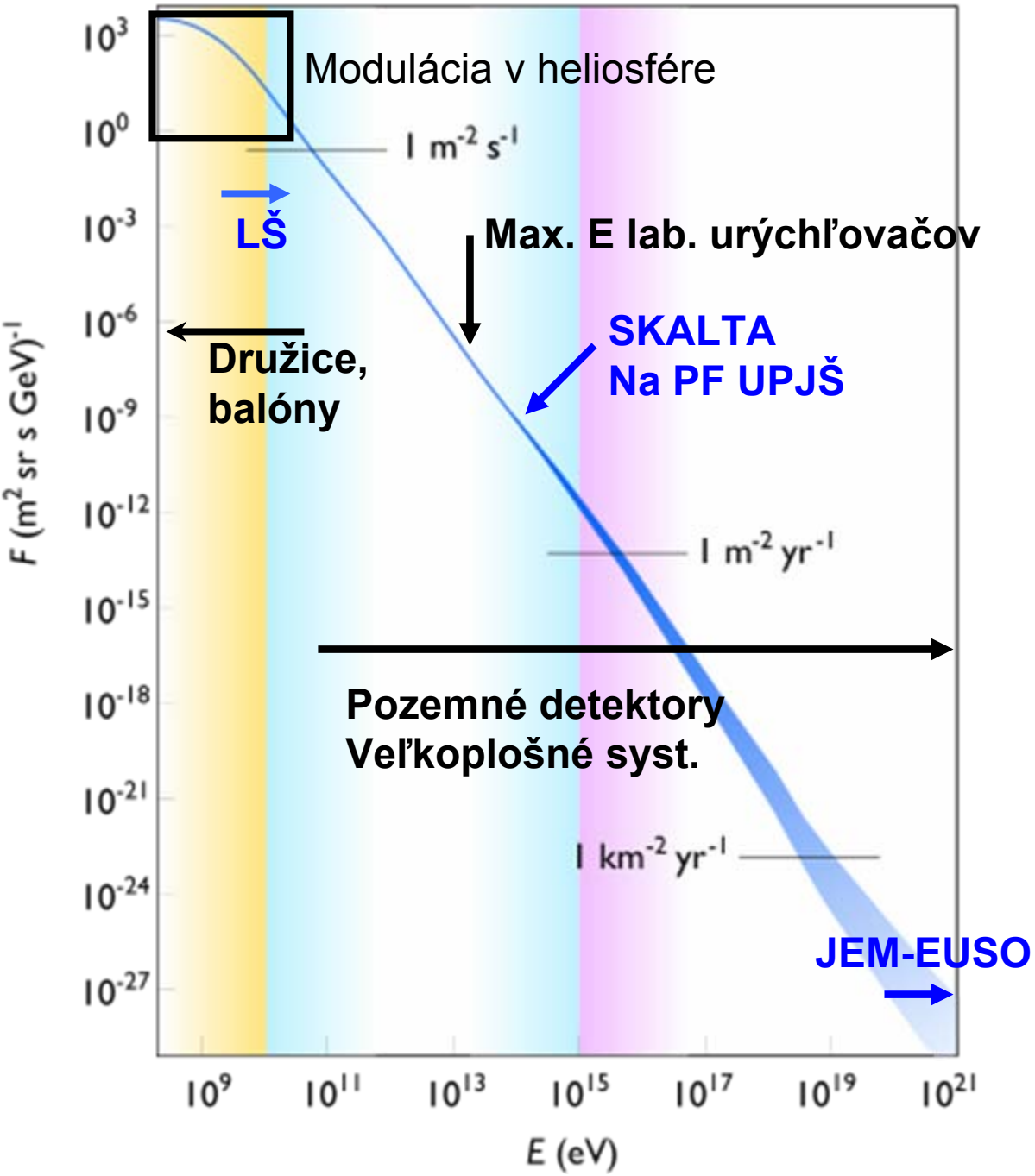
TABLE 3.2. THE DISCOVERY OF THE ELEMENTARY PARTICLES

This table, an expansion of one given by Powell, Fowler and Perkins (1959), shows how and when the relatively stable elementary particles were discovered (antiparticles being included somewhat arbitrarily). The heavy lines show the discoveries made using cosmic rays. The particles are listed in order of increasing mass, except within charge multiplets.

Date	Particle	Source of radiation	Instrument used	Specific observation made
1900				
. .				
1930				
1931				
1932	$\bar{\nu}_e(\nu_e)$	nuclear reactor	liquid scintillator	Capture by proton
1933	ν_μ	accelerator	spark chamber	Production of μ and not e
1934				
1935	e^-	discharge tube	fluorescent screen	Ratio e/m
1936	e^+ ●	cosmic rays	cloud chamber	Charge, mass
1937	μ^+, μ^- ●	cosmic rays	cloud chamber	Absence of radiation loss in Pb; decay at rest; mass
1938				
1939	π^+ ●	cosmic rays	nuclear emulsion	$\pi - \mu$ decay at rest
1940	π^- ●	cosmic rays	nuclear emulsion	Nuclear interaction at rest
1941				
1942	π^0	accelerator	counters	Decay into γ-rays
1943	K^+ ●	cosmic rays	nuclear emulsion	$K_{\tau 3}$ decay
1944	K^- ●	cosmic rays	nuclear emulsion	Nuclear interaction at rest
1945				
1946	K^0 ●	cosmic rays	cloud chamber	Decay into $\pi^+\pi^-$ in flight
1947				
1948	η	accelerator	bubble chamber	Total mass of decay products
1949				
1950	p	discharge tube	spectroscopes;	Charges and masses



1948	η	accelerator	bubble chamber	Total mass of decay products
1949				
1950	p	discharge tube	spectroscopes; mass spectrometers	Charges and masses of ions
1951				
1952	$\bar{p}$	accelerator	Cerenkov counter	e/m measured; annihilation
1953				
1954	n	radioactivity	ionization chamber	Mass from elastic collisions
1955				
1956	$\bar{n}$	accelerator	counters	Annihilation
1957	Λ	cosmic rays	cloud chamber	Decay to $p\pi^-$ in flight
1958	$\bar{\Lambda}$	accelerator	nuclear emulsion	Decay to $\bar{p}\pi^+$ in flight
1959	Σ^+	cosmic rays	nuclear emulsion	Decay at rest
1960	Σ^-	accelerator	diffusion chamber	Decay to $n\pi^-$ in flight
1961	Σ^0	accelerator	bubble chamber	Decay to $\Lambda\gamma$ in flight
1962	Ξ^-	cosmic rays	cloud chamber	Decay to $\Lambda\pi^-$ in flight
1963	Ξ^0	accelerator	bubble chamber	Decay to $\Lambda\pi^0$ in flight
1964	Ω^-	accelerator	bubble chamber	Decay to $\Xi^0\pi^-$ in flight
1965	Very many "resonance" particles with			
1966	lifetimes $\sim 10^{-23}$ to 10^{-19} s			
1967		accelerator	bubble chambers	Total mass of decay products
	?"Fireballs"	cosmic rays	nuclear emulsion	Angles of meson emission
	Quarks?	not found with accelerators; being sought in cosmic rays		Charge $\frac{1}{3}$ or $\frac{2}{3}e$



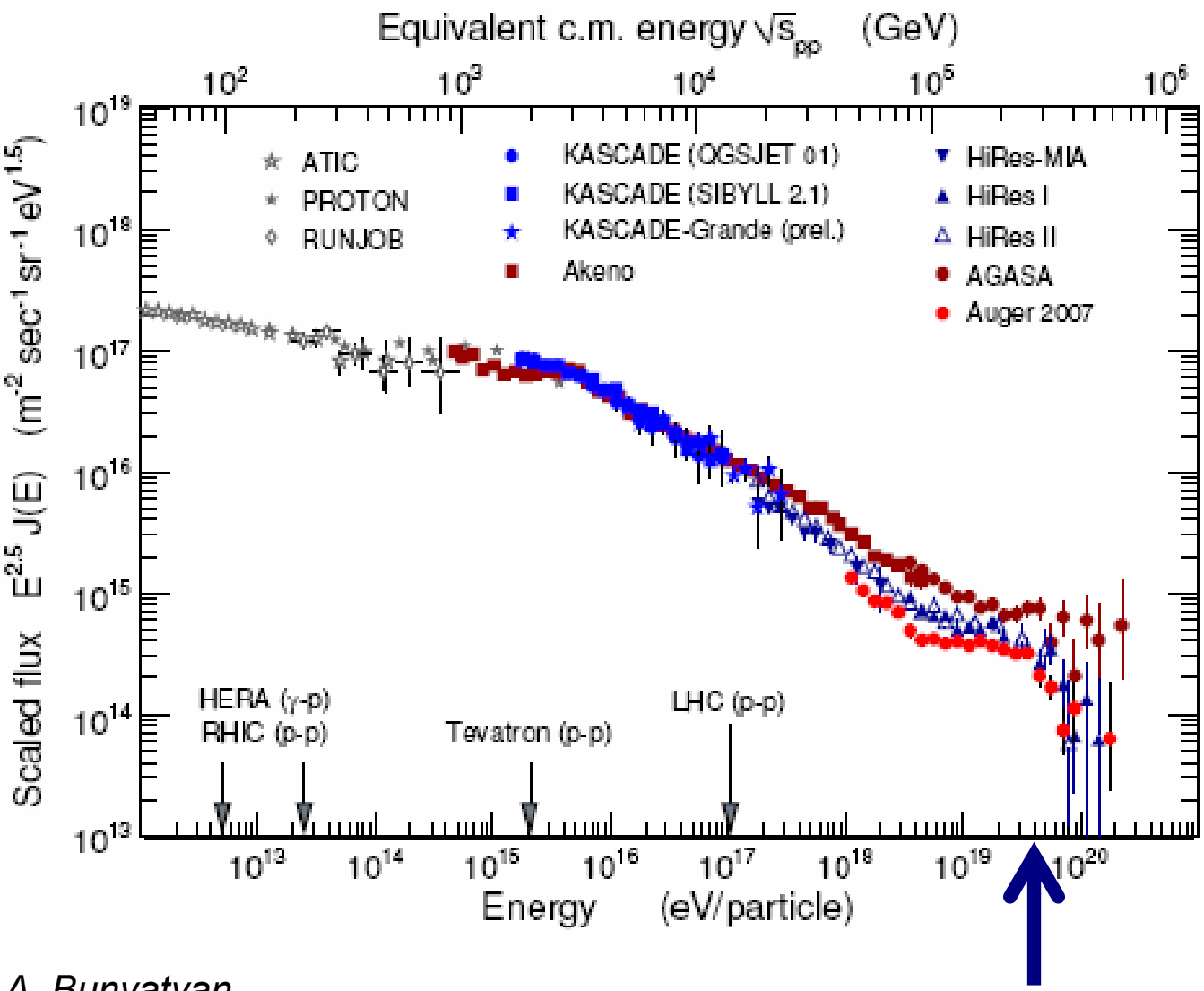
Diferenciálne energetické spektrum galaktického KŽ meraného vo vnútornom slnečnom systéme.

(Simpson 1997).

V dolnom okraji modulácia v slnečnom systéme. Nemodulované za hranicou sln. systému.

Možnosti meraní.

KŽ presahuje energiami možnosti urýchľovačov.



A. Bunyatyan,
https://www.desy.de/~bunar/bunyatyan.eds09.HeraCr.writeup.pdf

GZK effect:

KŽ > ×10^{19} eV

Interaguje s CMB fotónmi.

$$p+\gamma \rightarrow n+\pi^{+}$$

$$p+\gamma \rightarrow p+\pi^{o}$$

$$p+\gamma \rightarrow p+e^{+}+e^{-}$$

Extragalaktické KŽ po prechode 50 Mpc (163 Mly) s nomôže dosiahnuť Zeme.

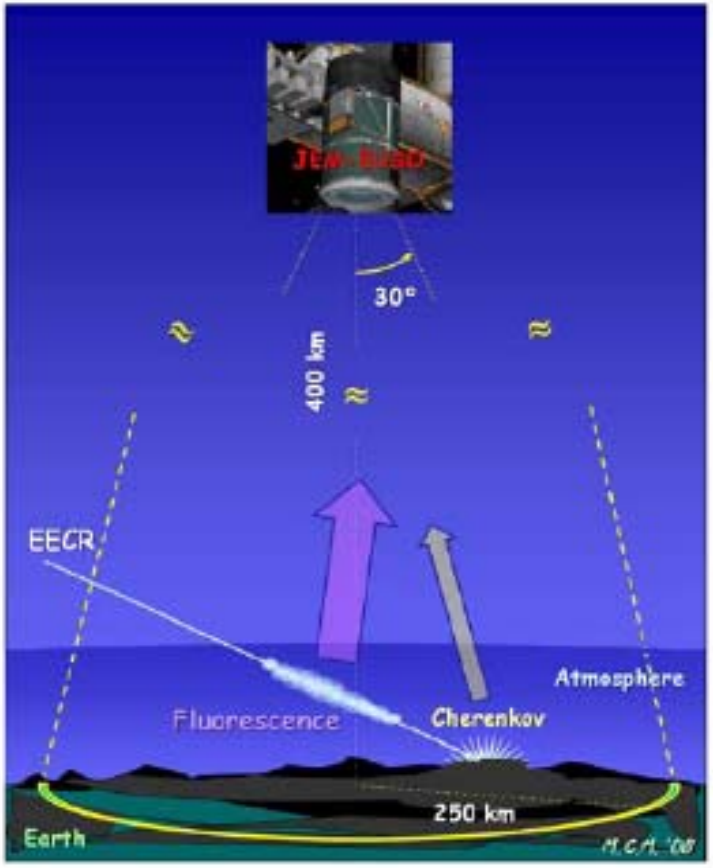
Z histórie kozmického žiarenia 3

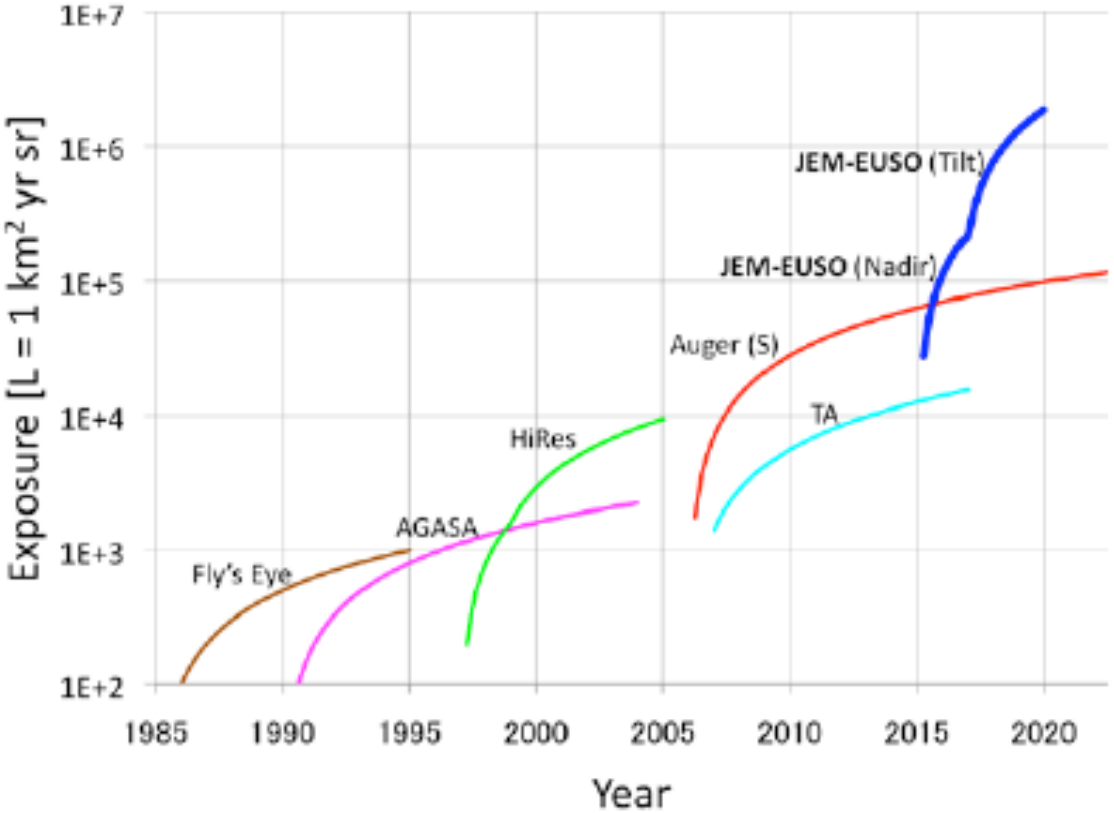
- **1966**
- Na začiatku 1960's, Arno Penzias a Robert Wilson objavili, že nízkoenergetické mikrovlny vyplňajú vesmír. Greisen, Kuzmin a Zatsepin vyslovili hypotézu, že ***ak KŽ vysokých energií interaguje s týmto mikrovlnovým pozadím, musí sa znížiť jeho energia***. V takom prípade interakcia redukuje energiu KŽ tak že ***ak prekonajú medzigalaktické vzdialenosti, ich energia nemôže presiahnúť 5 x 10^{19} eV.***
- **1991**
- Experiment Fly's Eye v USA pozoroval prípad primárneho KŽ s energiou **3 x 10^{20} eV**. Prípady s energiou **10^{20} eV** boli hlásené už predtým.
- **1994**
- Skupina AGASA v JP ohlásila prípad s energiou **2x 10^{20} eV**. Pozorovania Fly's Eye a AGASA identifikujú najvyššie energie KŽ. ***Odkiaľ prichádzajú a ako získávajú častice KŽ takúto energiu?*** Odpoveď na otázky aké astrofyzikálne objekty môžu produkovať tieto extrémne energie zostáva nezodpovedaná exaktne.
- **1995**
- Nová medzinárodná skupina vedcov začala s projekciou nového laboratória KŽ s názvom Projekt Pierre Auger. Toto observatórium používa gigantické polia detektorov na meranie veľkého množstva EAS s cieľom získať informácie o možných tokoch KŽ extrémnych energií. Toto „stopovanie“ KŽ môže pomôcť k poznaniu pôvodu a evolúcie vesmíru.

Projekt JEM-EUSO.

Meranie KŽ extrémnych energií prostredníctvom UV žiarenia vyprodukovaného v atmosfére na ISS.

Slovenská verzia na http://jemeuso.riken.jp/JEM-EUSO_pamphlet_sk.pdf





Ebisuzaki et al., 2010

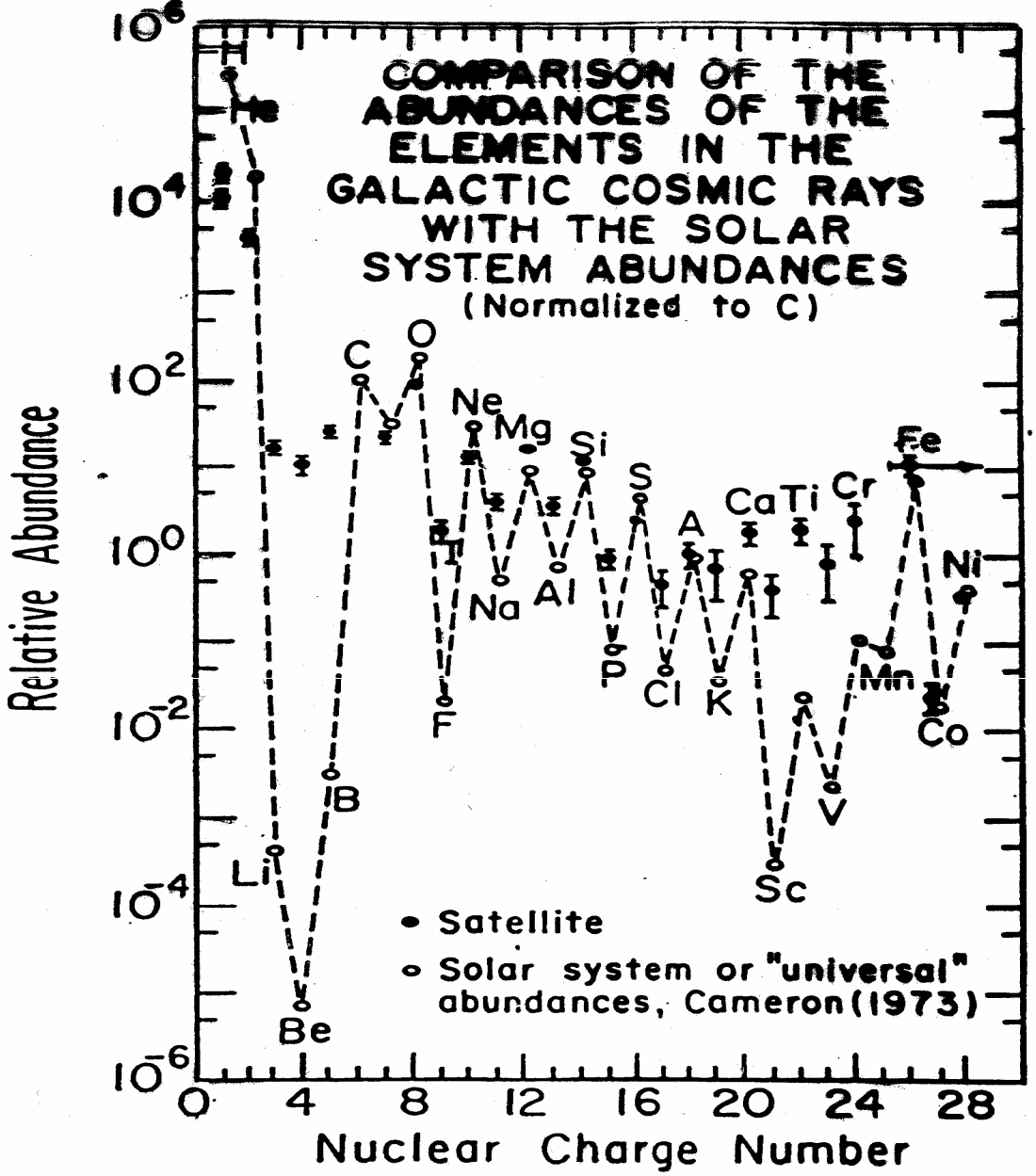


Fig. 2. Elemental composition from hydrogen to nickel in the cosmic rays arriving near the top of Earth's atmosphere. The solar system relative abundances are shown normalized to the cosmic ray carbon abundances (IMP-8 satellite).

Porovnanie relatívneho zastúpenia prvkov v galaktickom **KŽ** so zastúpením **v látke slnečného systému**. (***Simpson, 1998***). Normované ku C (100).

Jadrá Li,Be,B sú fragmentami ťažších jadier (C,N,O) pri ich interakciách od zdroja. Podobne je to pre Sc, V, Mn (fragmenty Fe).

Z chemického a izotopového zloženia možno usudzovať na celkovú dĺžku dráhy (hrúbku materiálu v g/cm^2) ***častíc od zdroja po miesto merania***

- ***Aj keď častíc KŽ je málo, hustota energie KŽ je v našej Galaxii (1 eV/cm^3) porovnateľná s hustotou energie***
- svetla hviezd,
- medzihviezdnych magnetických polí
- medzihviezdneho plynu (turbulencie).

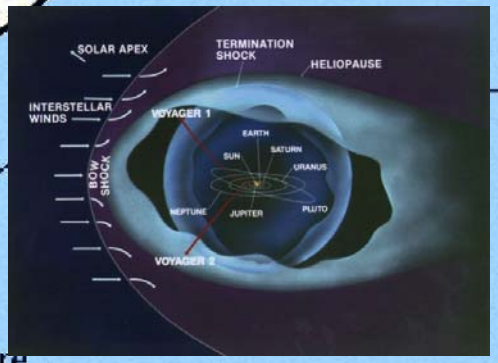
- Vzájomné pôsobenie KŽ a magnetických polí ovplyvňuje evolúciu galaxií

- ***KŽ tvorí "druhý kanál informácie" o kozmofyzikálnych procesoch ku astronomickým/astrofyzikálnym pozorovaniam fotónov (zmeny pri prechode prostredím od zdroja k detektoru)***.

1.2. KŽ a heliosféra.

Voy 1 113 AU
Voy 2 92 AU
3/2010

Galactic Cosmic Rays
Energetic Particles
Neutral Particles
Magnetized Solar Wind
Local Interstellar Medium
Sun
Atmosphere
Magnetosphere
Electromagnetic Radiation
Planet
Galactic Cosmic Rays
Galactic Cosmic Rays
Heliosphere



Zdroj NASA

Modulácia v slnečnom systéme pozostáva zo štyroch procesov (Parker, 1965)

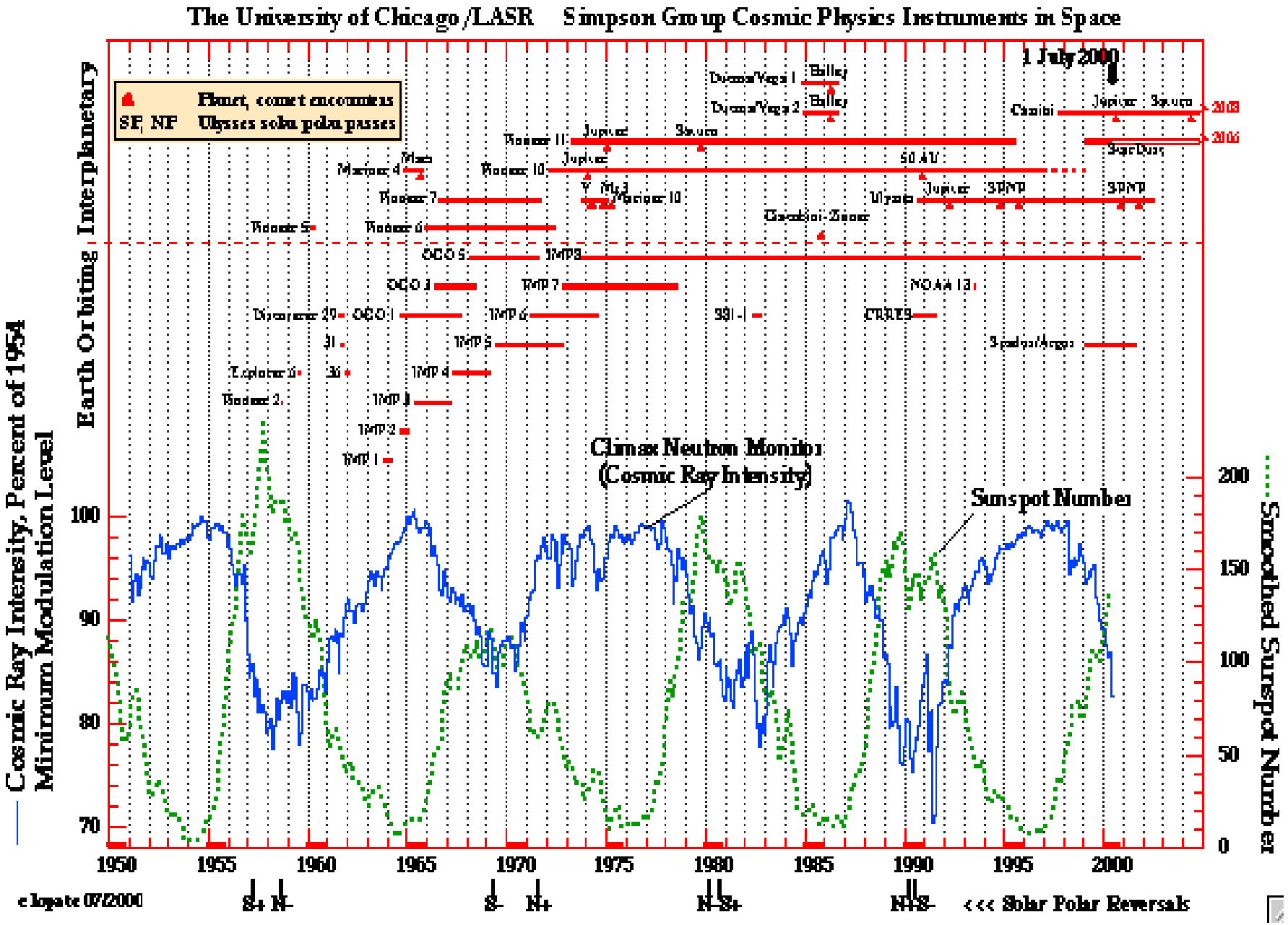
Slnečná modulácia GKŽ – transport častíc v slnečnom vetri vynášanom do vonkajších oblastí heliosféry, 4 procesy:

KŽ ako odozva na výtok slnečného vetra s vmazeným IMF – konvekcia

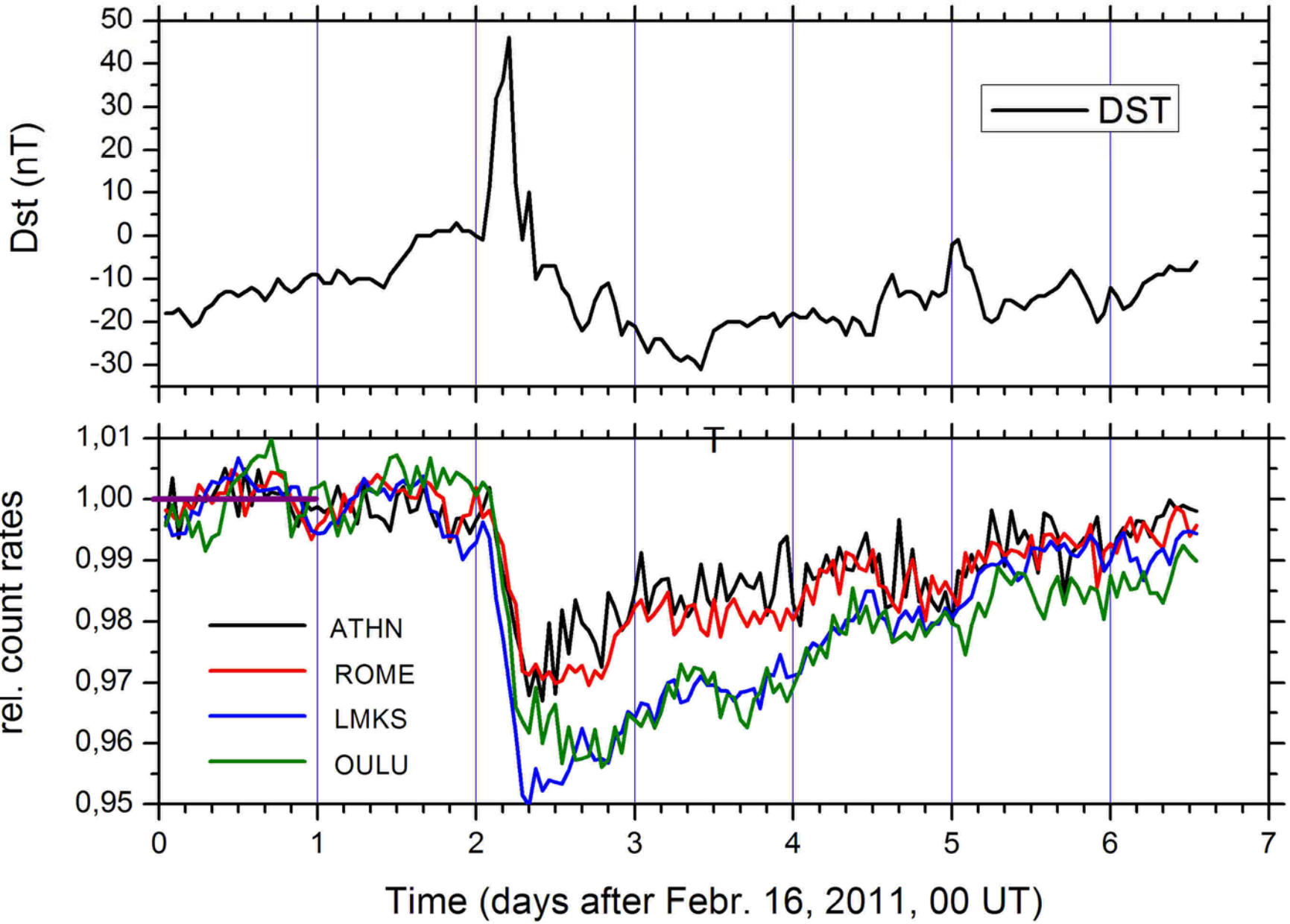
KŽ rotujú okolo špirálových siločiar a pohybujú sa tiež pozdĺž nich. Nehomogenity mag. poľa ich rýchlo rozptyľujú – difúzia v priestore nábehových uhlov – izotrópne rozloženie v systéme s.v.

Plazma s.v. alebo expanduje (výtok z povrchu Slnka) alebo sa stláča (rázové vlny) – KŽ sa adiabaticky ochladzuje alebo zohrieva – adiab. ohrev

Pretože gyračný pohyb okolo siločiar je rýchlejší než rozptyl, KŽ je podrobené driftu spôsobenému veľkorozmerovými priestorovými variáciami špirálovitého IMF.

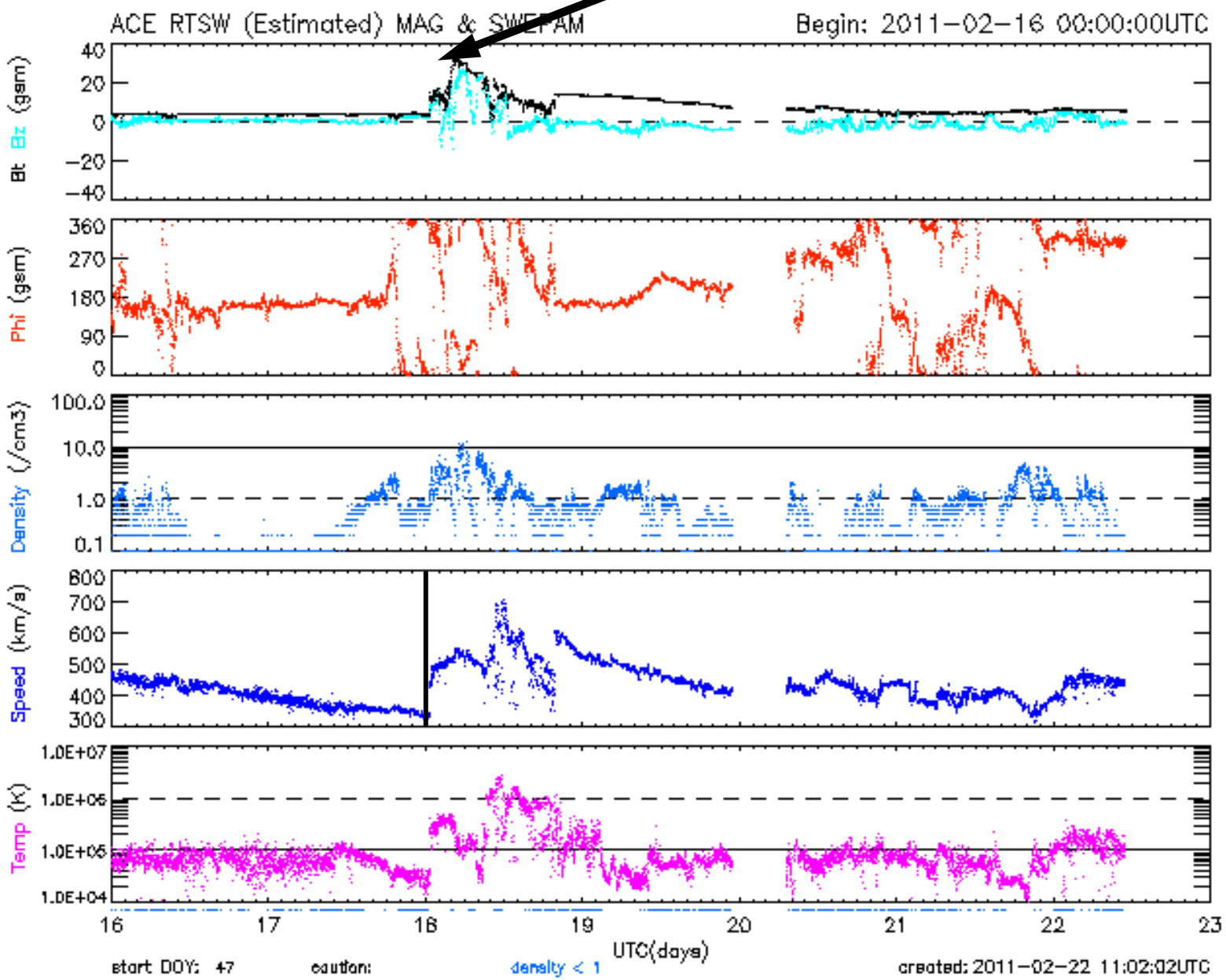

The University of Chicago /LASR Simpson Group Cosmic Physics Instruments in Space
1 July 2000
Planet, comet encounters
SF, NF Ulysses solar polar passes
Interplanetary
Earth Orbiting
Cosmic Ray Intensity, Percent of 1954 Minimum Modulation Level
Smoothed Sunspot Number
Climax Neutron Monitor (Cosmic Ray Intensity)
Sunspot Number
Pioneer 11
Pioneer 10
Pioneer 7
Pioneer 6
Pioneer 5
Mariner 4
Mars
Jupiter
Saturn
50 AU
Voyager 1
Voyager 2
Halley
Cassini
Pluto
Ulysses
3PNP
Mariner 10
Venus
Giacobini-Zinner
OGO 5
OGO 3
OGO 1
IMP 8
IMP 7
IMP 6
IMP 5
IMP 4
IMP 3
IMP 2
IMP 1
NOAA 13
CRRES
Spartan/Argos
Explorer 6
Pioneer 2
1950
1955
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
S+ N-
S- N+
N- S+
N+ S-
<<< Solar Polar Reversals
e lopate 07/2000

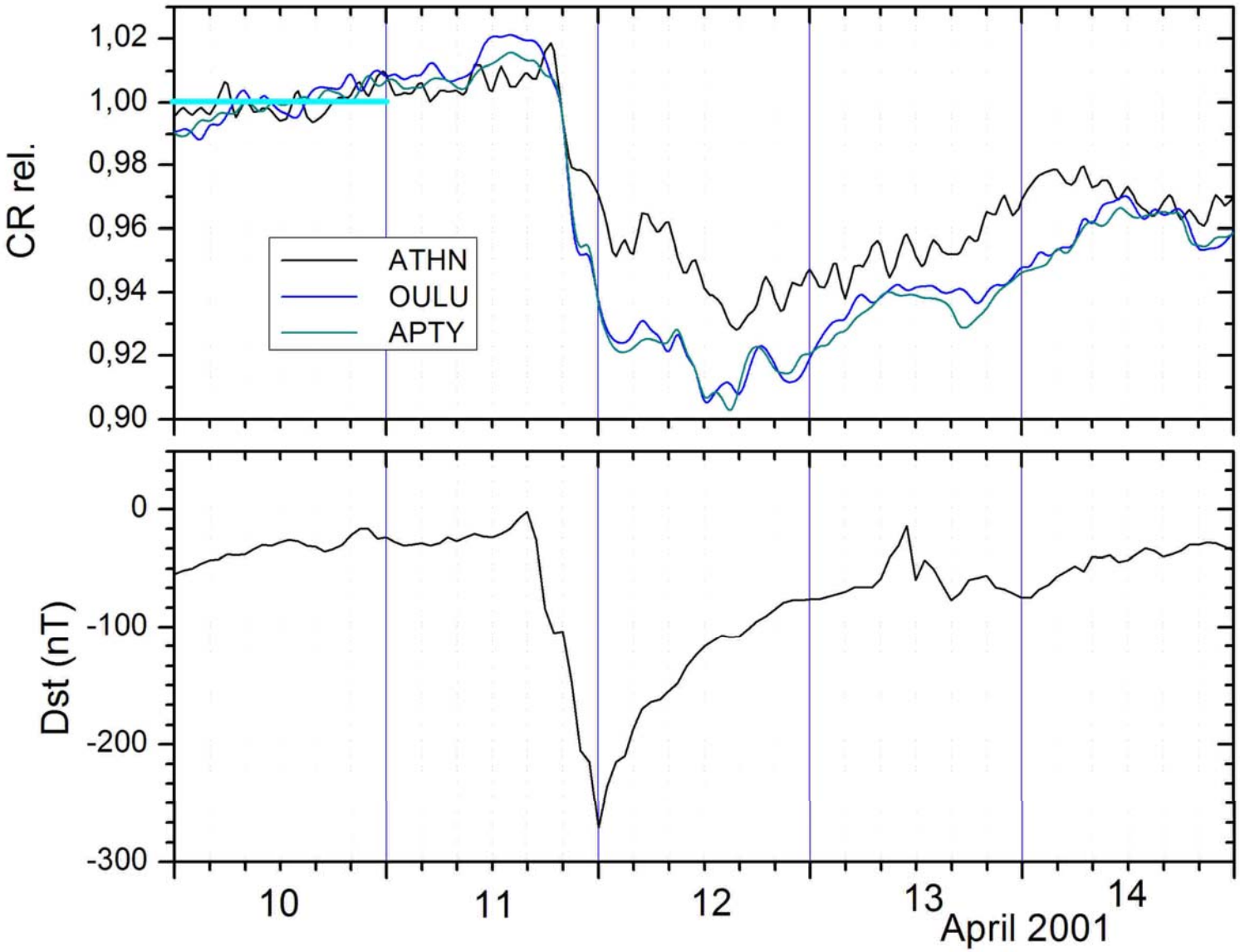
epravidelné poklesy intenzity KŽ – Forbushove poklesy.



Ak IMF Bz>0, nedôjde k geomagnetickej búrke

Copied from ACE web site. IMF Bz > 0 during early Febr. 18





Pre Bz<0, búrka nastane, FD vidno

Príspevok od slnečných erupcií. Najsilnejší vzrast (GLE) doteraz pozorovaný na Lomnickom štíte bol 29.9.1989. V niektorých prípadoch je profil silne odlišný na rôznych staniciach (anizotropia).

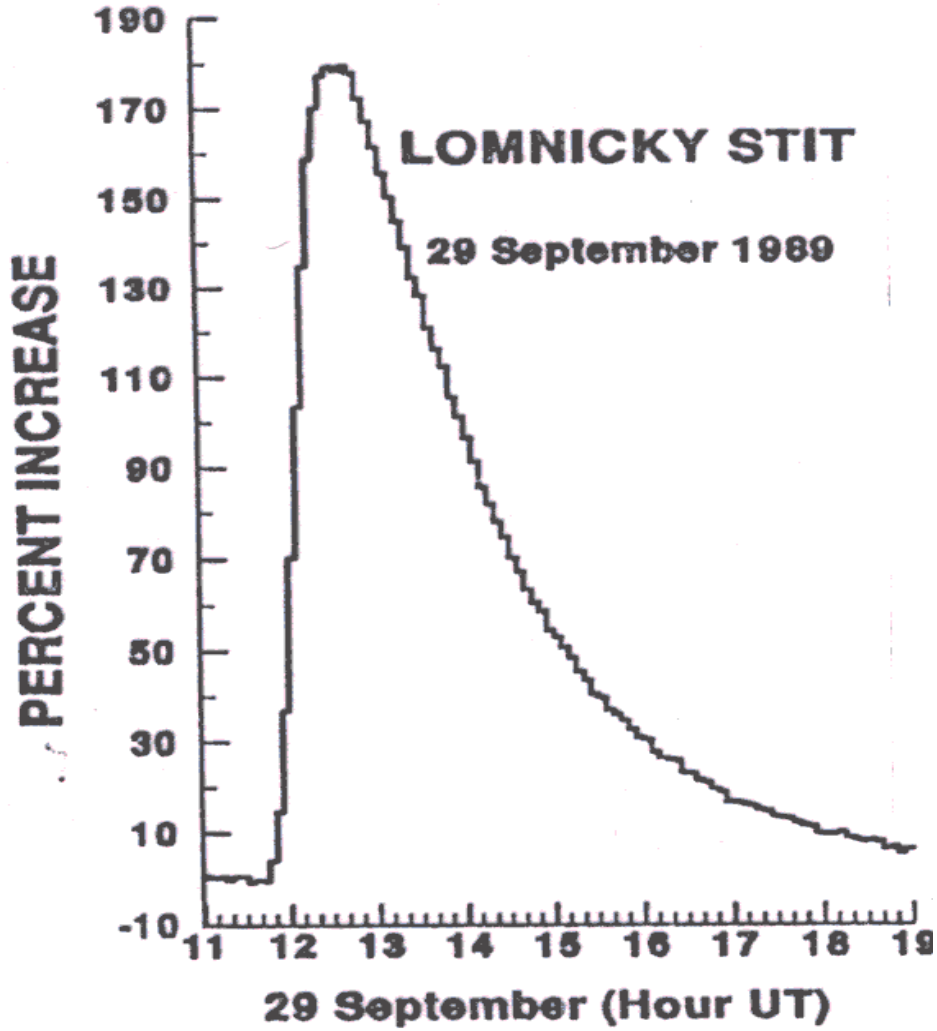
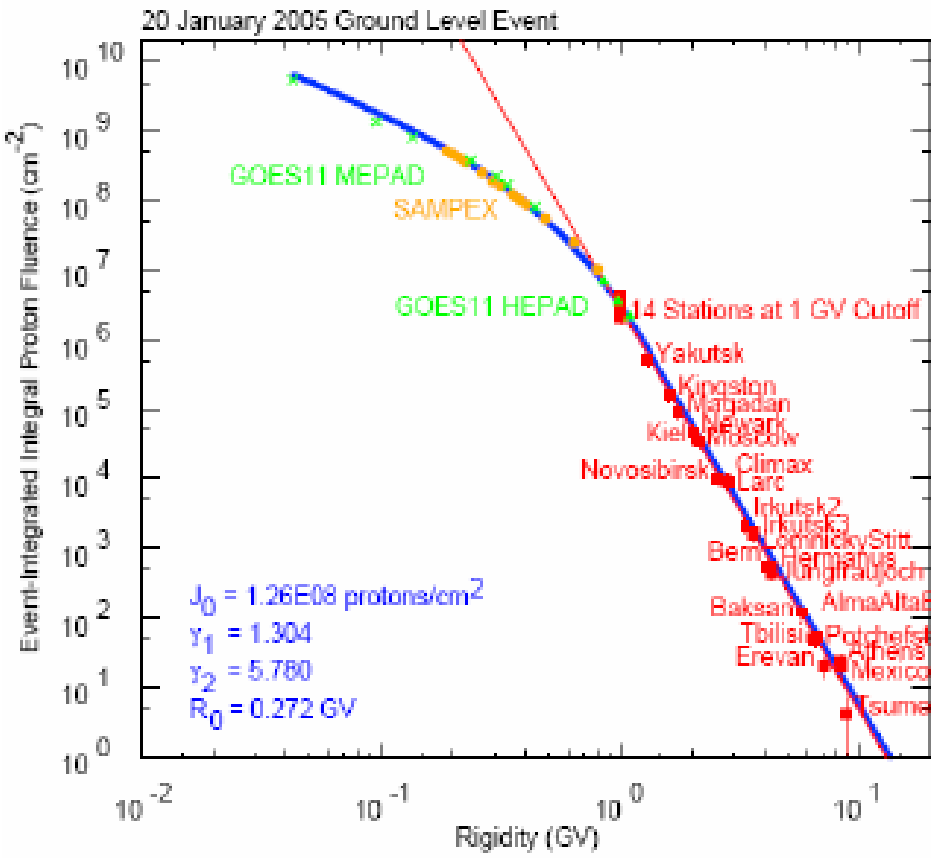
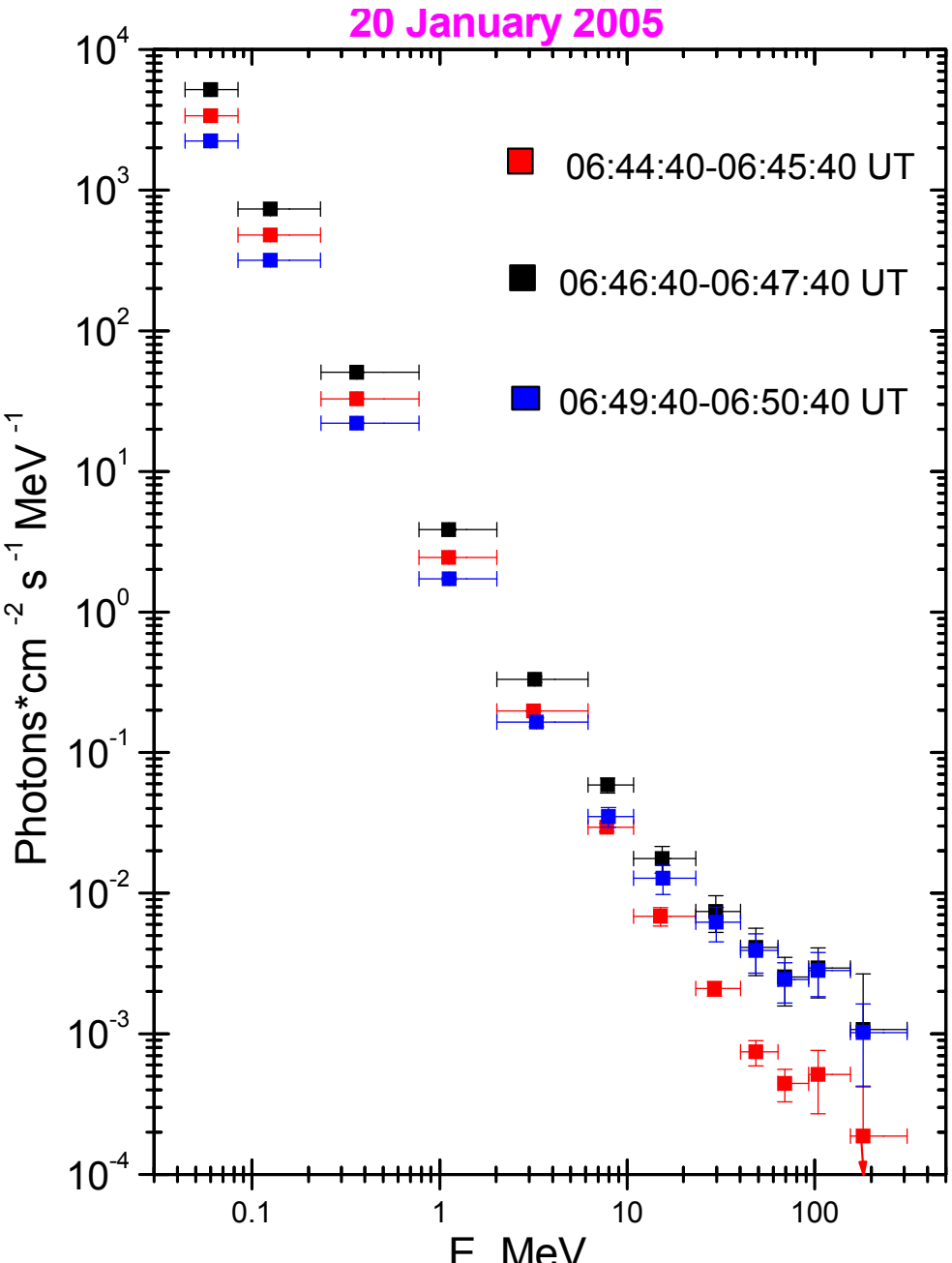


Figure 1. Cosmic ray intensity recorded at Lomnicky Stit during the GLE on 29 September 1989.



Sieť NM a družicové merania – spektrum p v slnečnej erupcii

Neutrálne emisie – bez geomagnetických efektov.



Pozorovanie vzrastu gama žiarenia nad 70-100 MeV je spojené s π^o rozpadom na 2 γ kvantá – to umožňuje stanoviť čas urýchľovania ***p*** do vysokých energií a porovnať s nástupom GLE.

Začiatky meraní kozmických neutrónov a gama žiarenia v Košiciach – prvé družicové experimenty v 70. rokoch (Interkozmos).

IK17 -1977, zmerané albedo n od Zeme

3.6.1982 – prvá odozva od slnečných neutrónov v erupcii na zemskom povrchu (LŠ spolu s Jungfraujoch)

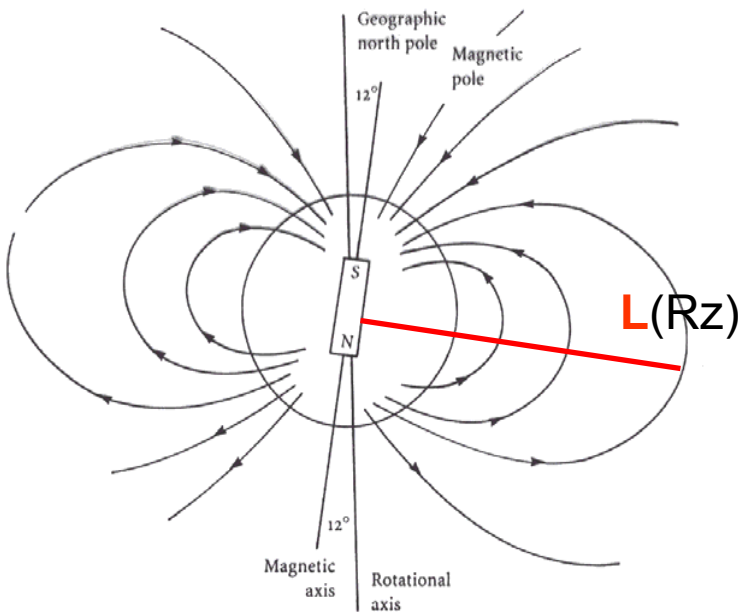
1994 – návrat k meraniam n, γ - CORONAS-I

2001-2005 CORONAS – F:

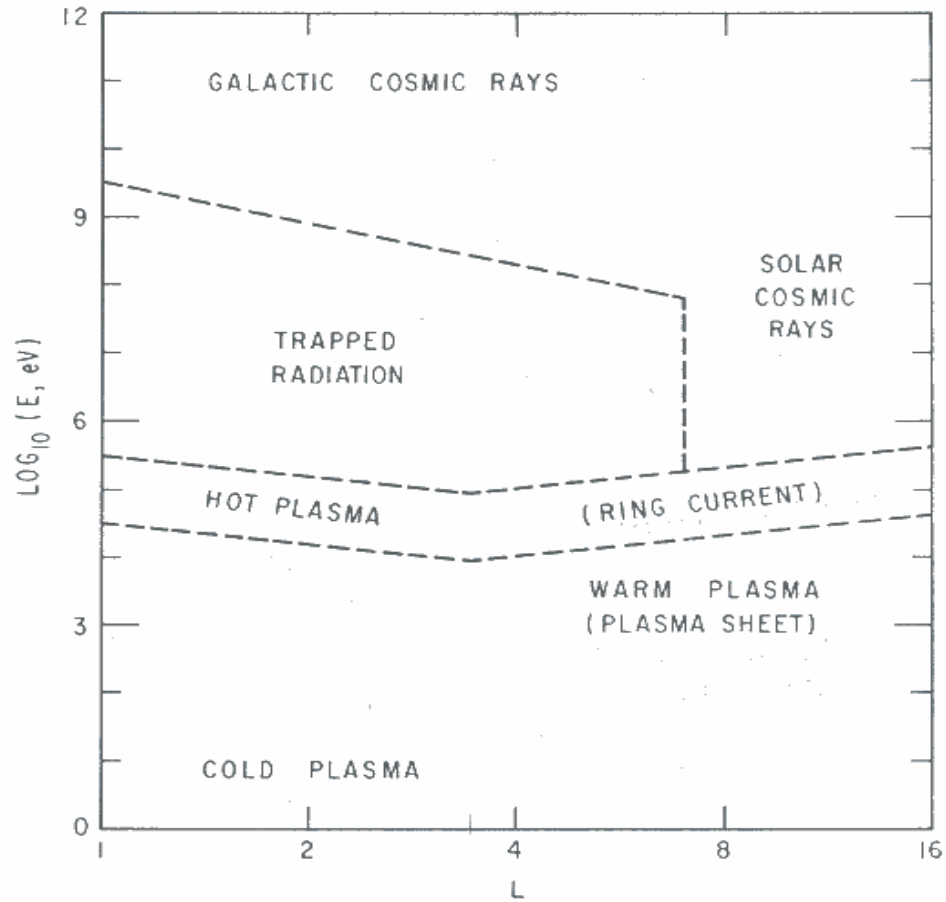
zmerané viaceré emisie v.e. gama a neutrónov, možnosť určenia času urýchľovania p do vysokých energií.

1.3. Častice v zemskej magnetosfére.

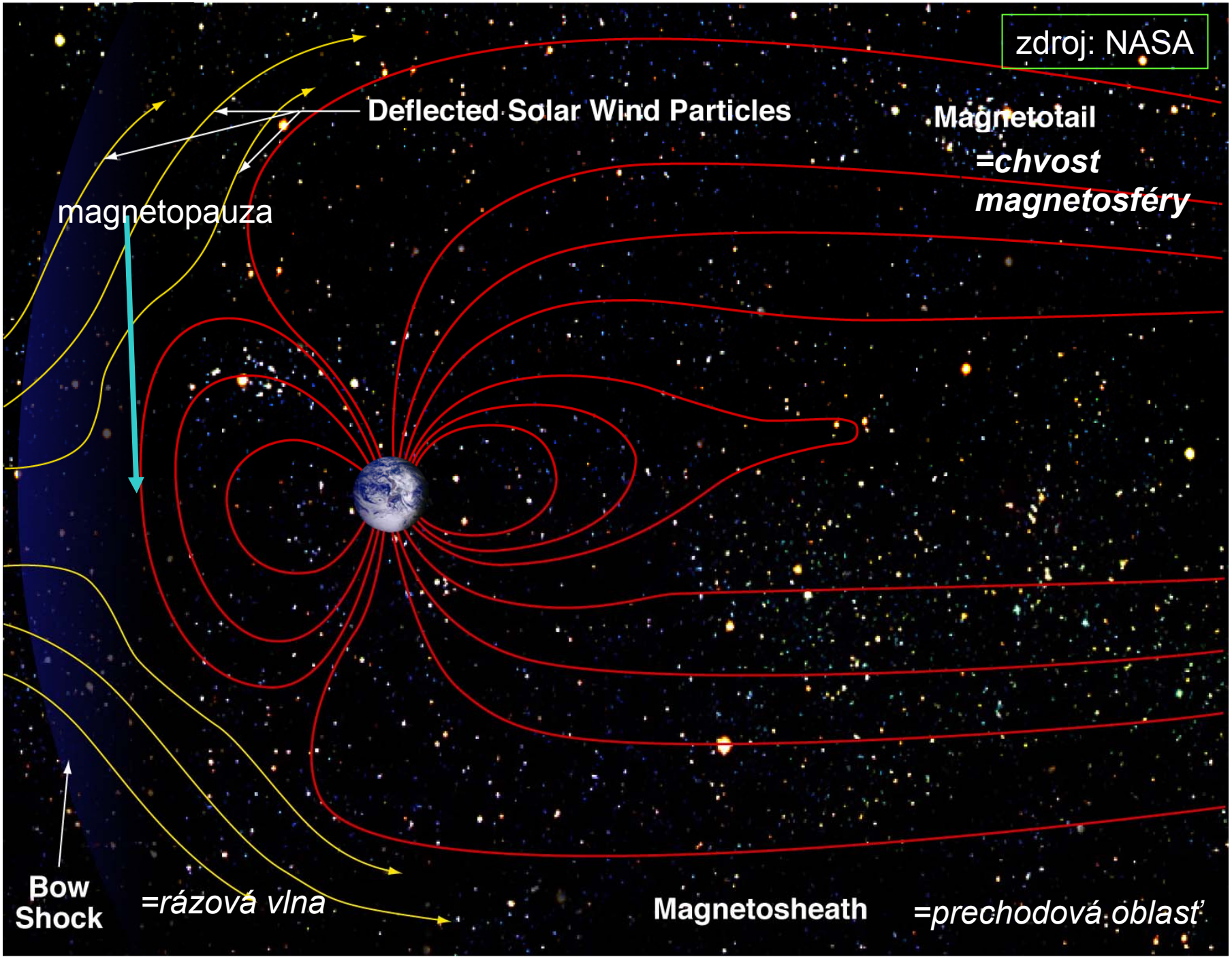
1957	MEDZINÁRODNÝ GEOFYZIKÁLNY ROK (aj v ČSR)	
1958	Objav radiačných pásov Zeme	VAN ALLEN, VERNOV
1958	Prvé merania slnečného vetra	GRINGAUZ



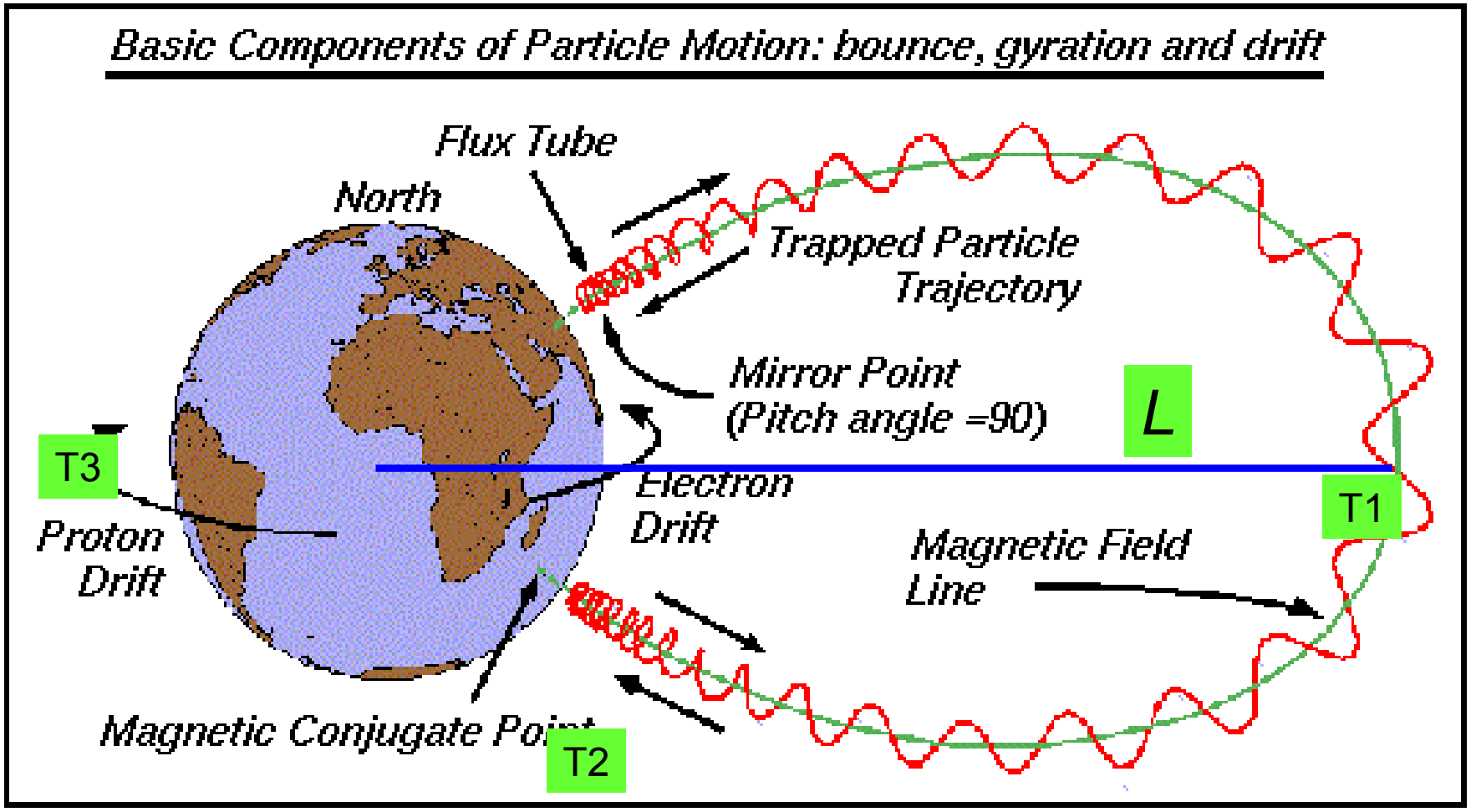
L – McIlwain, 1966



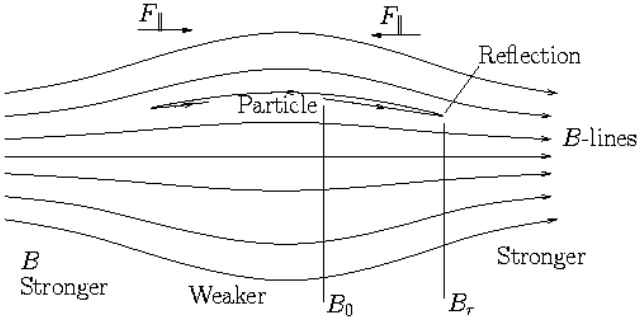
Hutchinson, Lang, Roederer


zdroj: NASA
Deflected Solar Wind Particles
Magnetotail
=chvost magnetosféry
magnetopauza
Bow Shock
=rázová vlna
Magnetosheath
=prechodová oblasť

Základ prevzatý z http://radbelts.gsfc.nasa.gov/outreach/Radbelts6.html

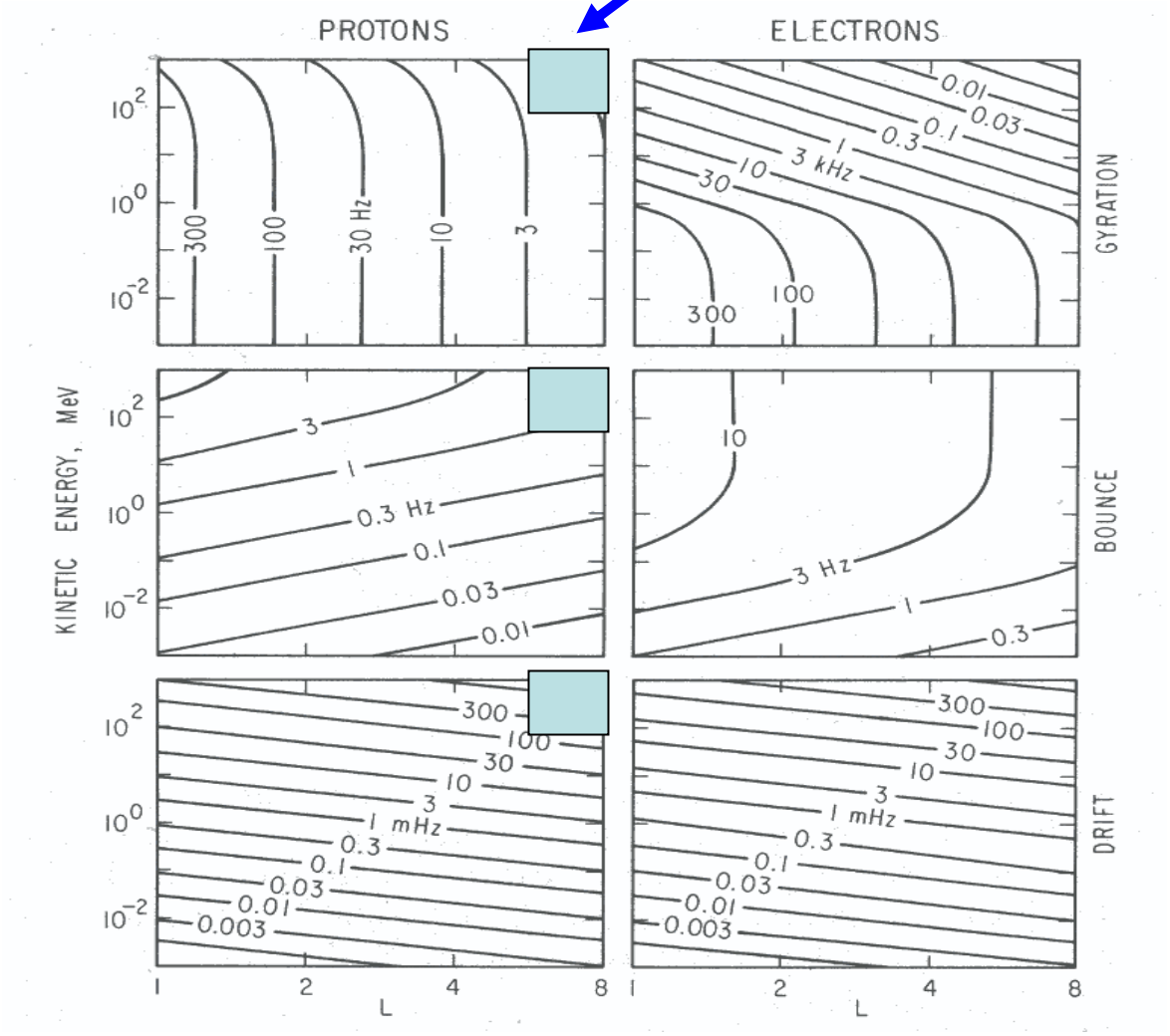


Namiesto 3D – použitie 2D (súradnice L,B)



http://silas.psfc.mit.edu/introplasma

KŽ

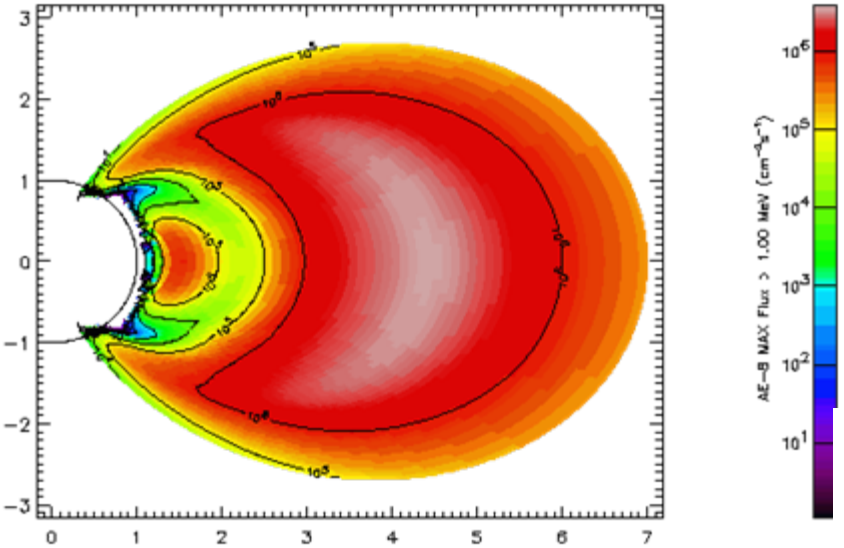


Z Roederer, 1970

T1<<T2<<T3 (1)

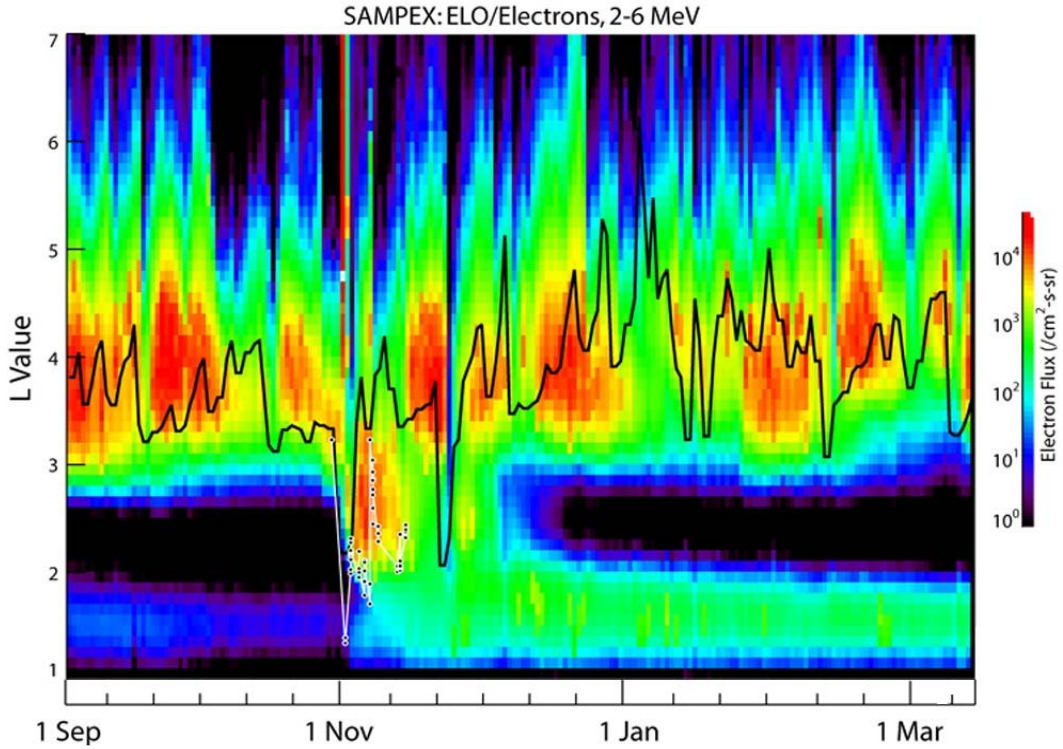
Ak (1) - možno pohyb opísať priblížením tzv. vodiaceho centa.

Ak neplatí (1), KŽ – len numerická simulácia trajektórie v modelovom poli



Model (statický)

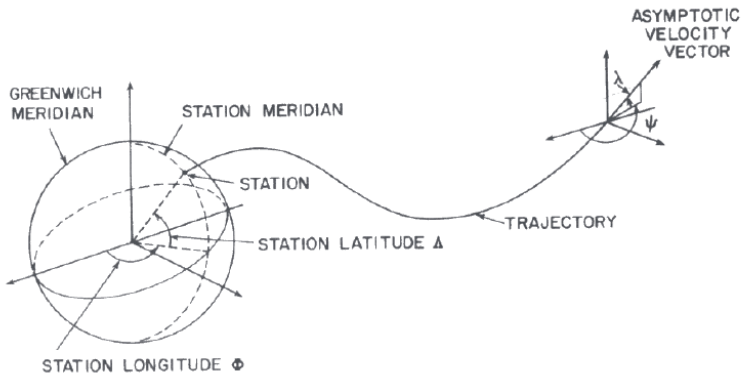
Silné časové variácie



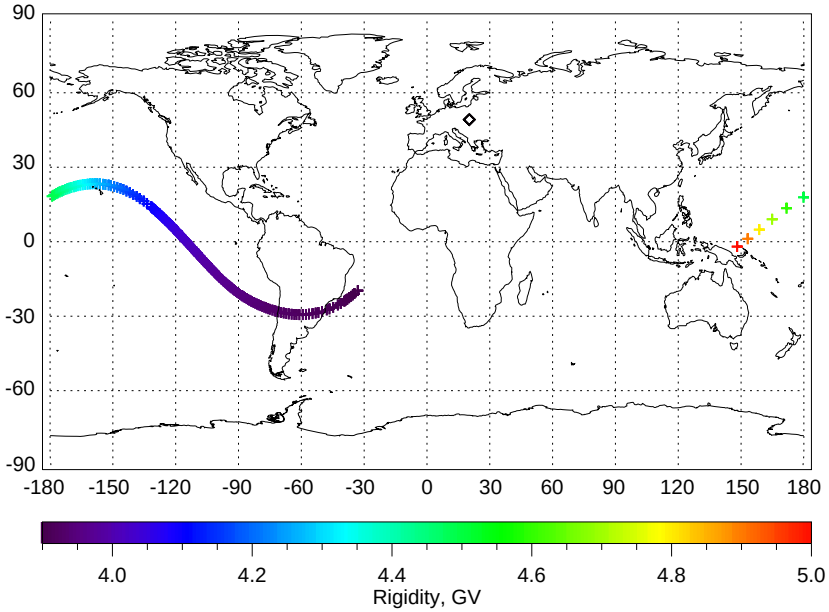
Analýza *Slivka, ECRS, 2009* ukazuje na obrovské zmeny populácie ***e*** vo vonkajšom radiačnom páse počas búrok (merania CORONAS-F)

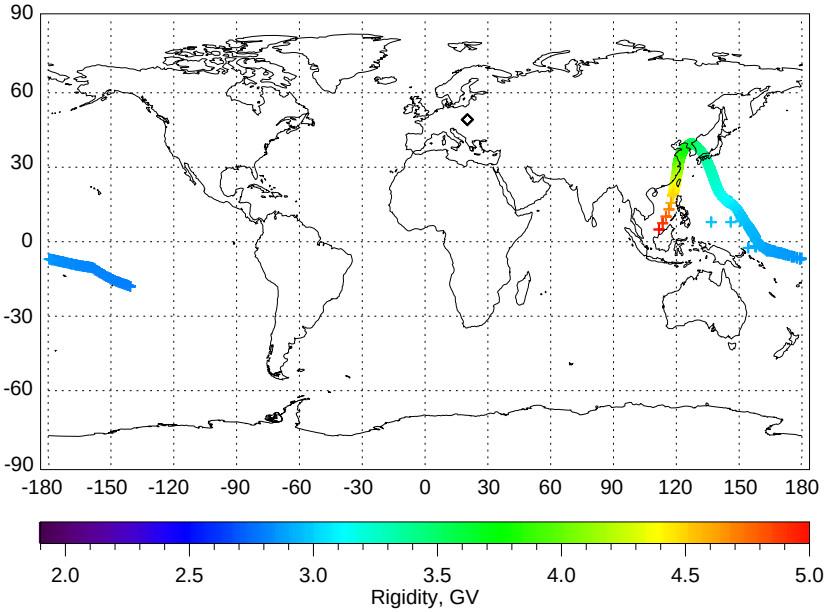
Z meraní CRRES

KŽ – prienik do magnetosféry – pre statické pole z modelu IGRF – trajektórie numericky počítané, asymptotické smery.

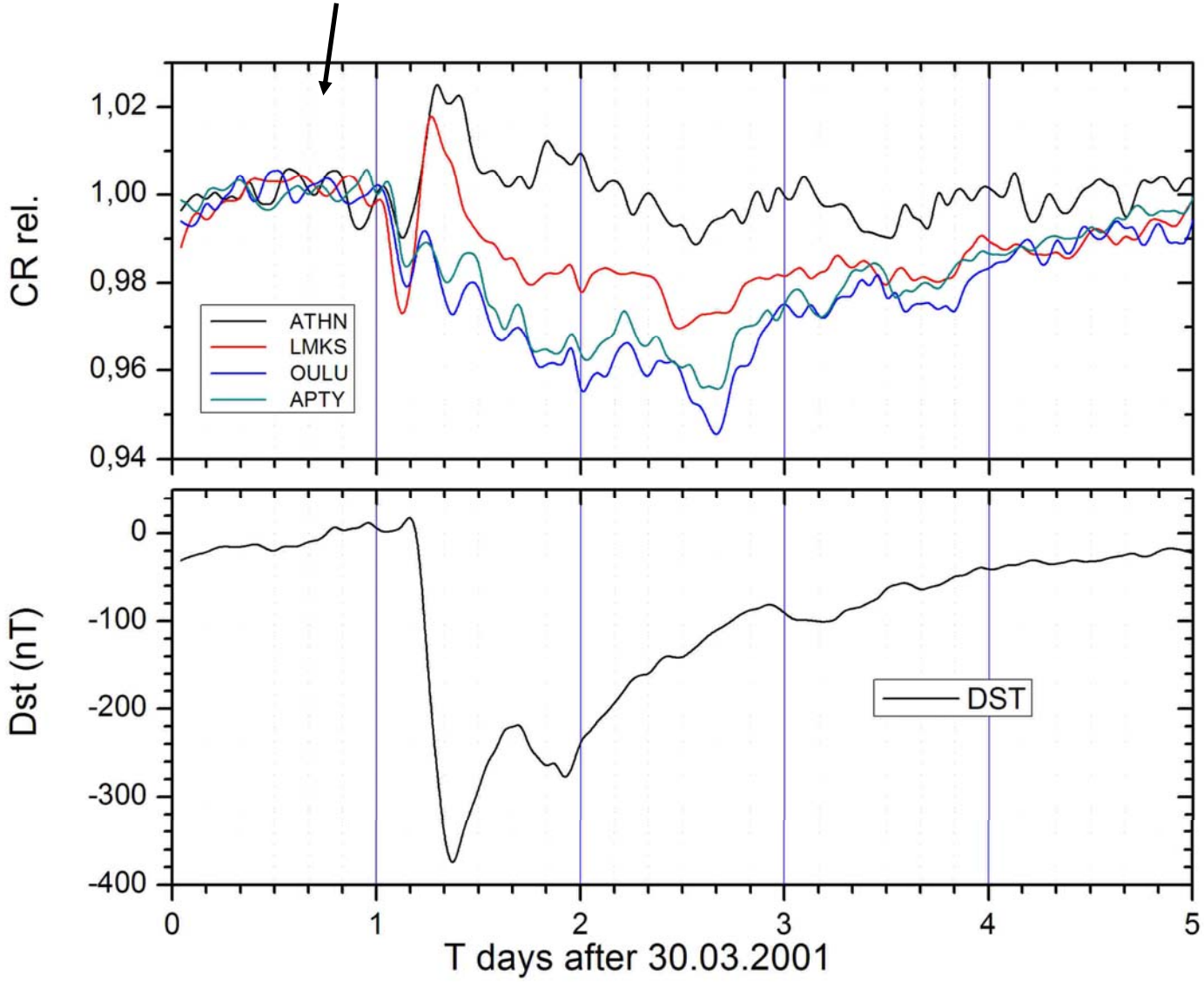


V dobe geomagnetickej búrky modely dávajú zmenené asymptotické smery a priepustnosť

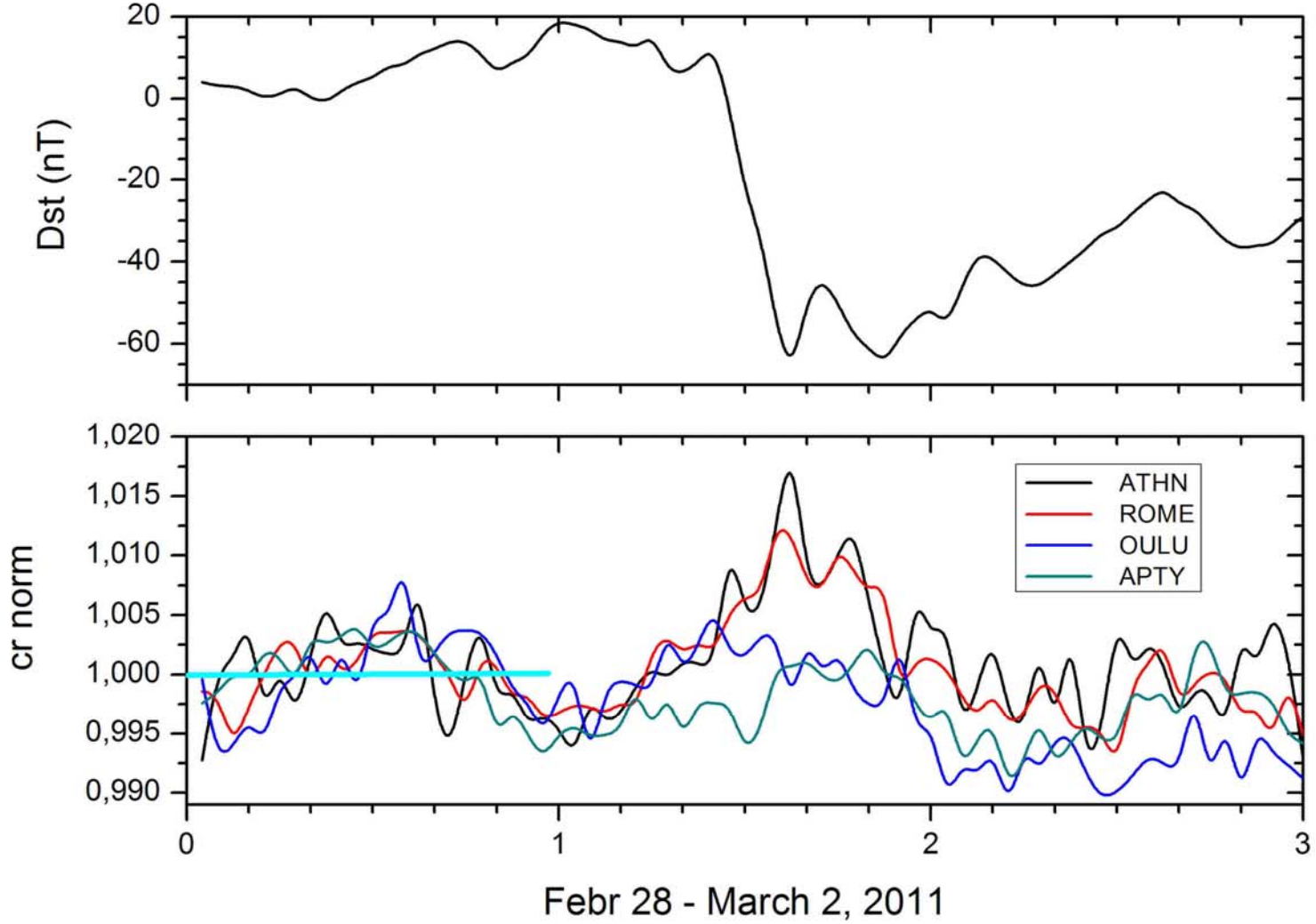




Variabilita priepustnosti KŽ magnetosférou počas geomagnetickej búrky



Vzrast priepustnosti na NM s vyšším geomagnetickým prahom – aj na LŠ



Moderate Dst depression, however transmissivity improved for high cut-off stations Athens, Rome.

H. MORAAL ET AL.

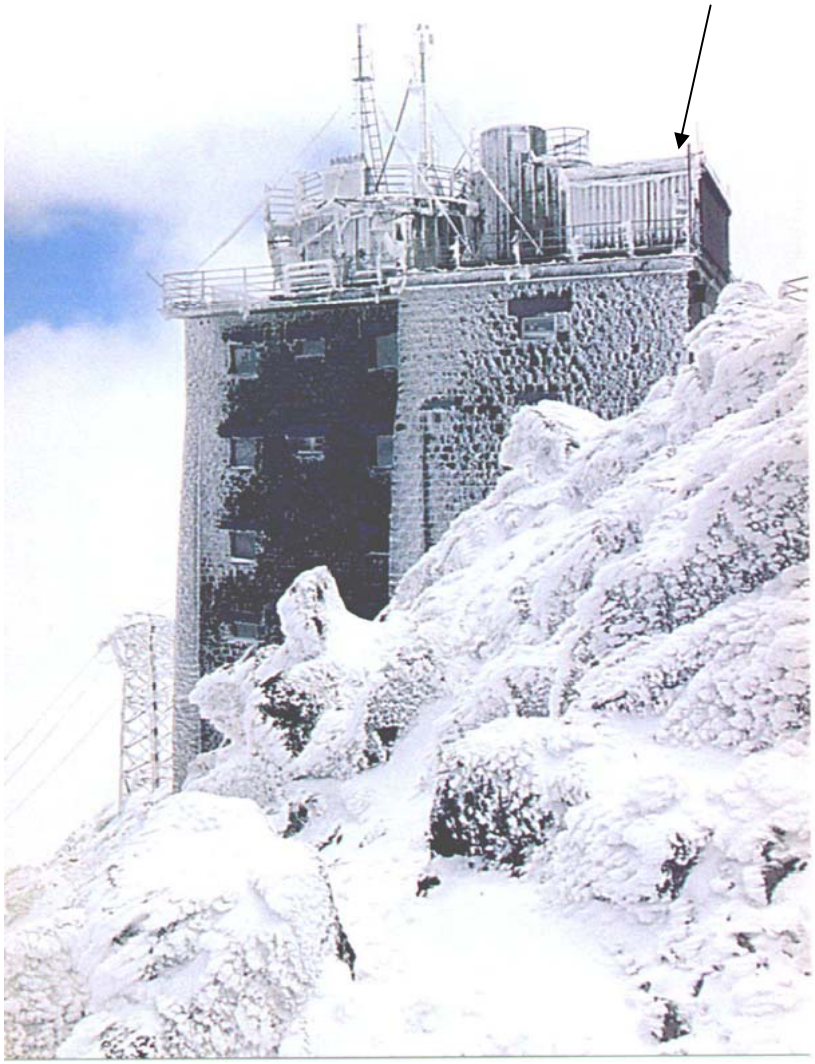
TABLE 1

Neutron monitors with the highest counting rate

Station	Lat. (deg)	Alt. (m)	Press. (mb)	Cutoff (GV)	Counting rate s^{-1}	Statist. rank
Tibet	30.1	4300	606	14.1	2970	1.00
Alma Ata B	43.1	3340	680	6.61	1205	0.64
Erevun	40.2	2000	815	7.58	1100	0.61
Haleakala	20.7	3030	700	12.9	970	0.57
Lomnický Štít	49.2	2634	748	3.98	420	0.38
Jungfraujoch 2	46.5	3475	646	4.61	330	0.33
Tsumeb	−19.2	1240	880	9.21	310	0.33
Calgary	51.1	1128	883	1.08	270	0.30
South Pole	−90.0	2820	680	0.09	260	0.29
Irkutsk 3	52.3	3000	715	3.64	240	0.28
McMurdo	−77.9	48	1007	0	230	0.28
Irkutsk 2	52.3	2000	800	3.69	210	0.26
Moscow	55.5	200	1000	2.43	200	0.26
Kerguelen	−49.4	0	1000	1.14	190	0.25
Inuvik	68.3	21	1010	0.17	160	0.24
Novosibirsk	54.8	163	1000	2.87	160	0.23

Merania na

NM (8)



http://neutronmonitor.ta3.sk

7RP EÚ vytvorenie NMDB, aj Lomnický štít , http://nmdb.eu

2. Kozmické počasie.

1903

DISTURBANCES IN TELEGRAPH LINES

... the world whole telegraph system was upset ...

... for several hours communication was almost completely interrupted ...

... 675 V of electricity – enough to kill a man – in the wires, without any battery connected to them ...

(cited from Nature, 5. Nov. 1903)

1989

DAMAGE IN 9 SATELLITES

... SMM dropped in altitude by 3 miles ... / ... episodes of uncontrolled tumbling ...

permanent and/or temporary disturbances in the electronic systems of 4 satellites

COMMUNICATION

... out of Hf-radio contact from southern U.S. to sites around the world ...

... California Highway Patrol messages wereoverpowering local transmissions in Minnesota ...

... undersea cables in Atlantic and Pacific oceans experienced large voltage swings ...

NAVIGATION

... U.S. Coast Guard reported numerous LORAN navigation problems ...

... ship navigation near Australia using signal from navigation satellites were impaired ...

POWER GRIDS

Long power break in Quebec, 6 Mill. people without electricity for 9 hours

Power failures in six 130-kV grids in Sweden

Disturbances in power grids of New York, Maryland, New Mexico, Arizona, California (*...but no general blackout ...*)

OTHER

... microchip production facilities in the northeastern U.S. out of operation two or more times ...

(cited from [26])

Table 2: Comparison of disturbances in technical systems during geomagnetic storms in November 1903 and March 1989

Schlegel, 2001:

porovnanie informácií o účinkoch silných magnetických búrok

Na začiatku a na konci minulého storočia

Dst < -300 nT

Space Weather (J.Freeman,1995)

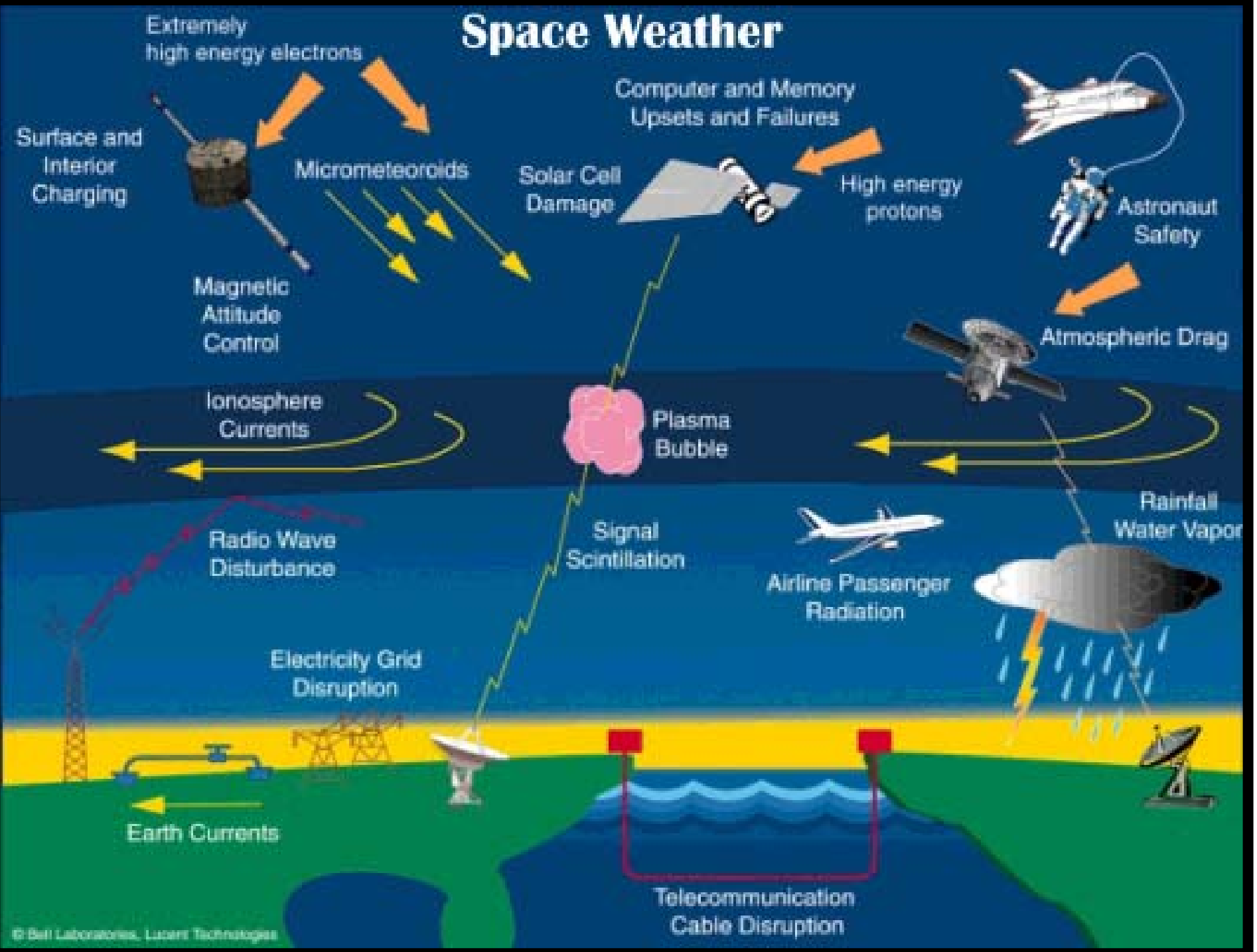
Podmienky na Slnku a v slnečnom vetri, magnetosfére, ionosfére a termosfére, ktoré môžu ovplyvniť spoľahlivosť kozmických aj pozemných systémov a môžu mať vplyv aj na zdravie ľudí.

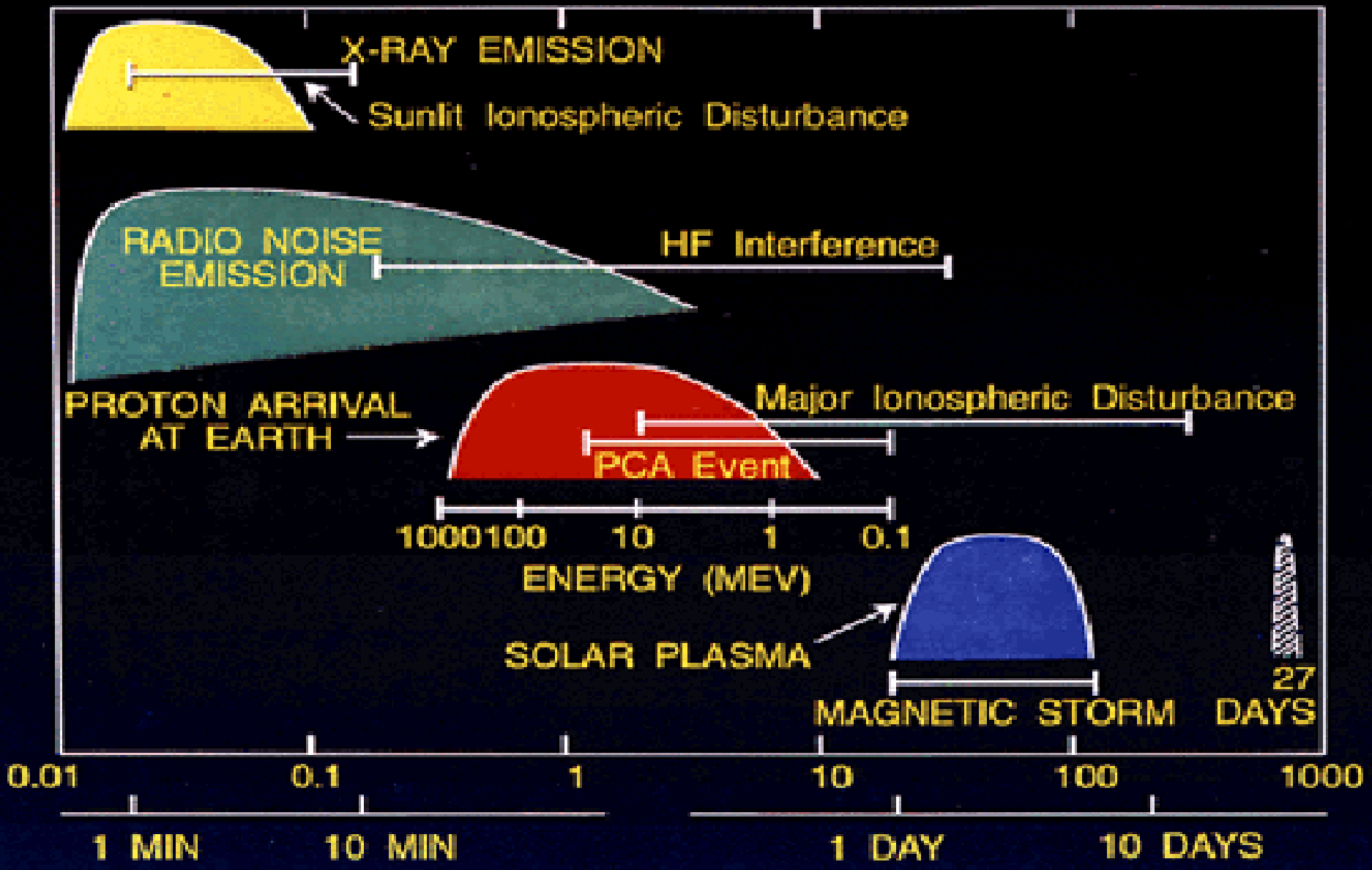
Energetické nabité častice môžu spôsobiť SEU, radiačné poškodenie, degradáciu a zmenu potenciálu elementov kozmických systémov. Pri vyšších energiách môže byť ovplyvnená aj elektronika lietadiel. Spoľahlivosť VF komunikačných systémov súvisí so stavom ionosféry, slnečnými emisiami a geomagnetickými poruchami. Geomagnetické búrky môžu ovplyvniť pozemné systémy – rozvodná sieť elektriny, plynovody, ropovody, telekomunikačné káble a železničné zariadenia – geomagneticky indukované prúdy.

Radiácia je potenciálnym limitujúcim faktorom pre medziplanetárne lety s ľudskými posádkami.

Geomagnetické búrky

- Jeden z nejsilnejších prejavov zmien vonkajších fyzikálních podmienok
- CME – z povrchu Slnka výron 10^{12}-10^{13} kg látky
- Stláčanie plazmy slnečného vetra (SV), rázové vlny
- Niektoré geoefektívne (orientácia **B**) – geomagnetické poruchy
- Zmeny podmienok dynama – vznik el. potenciálov a prúdových systémov v magnetosfére a ionosfére
- Vstupný výkon zo SV 10^{12} – 10^{13} W

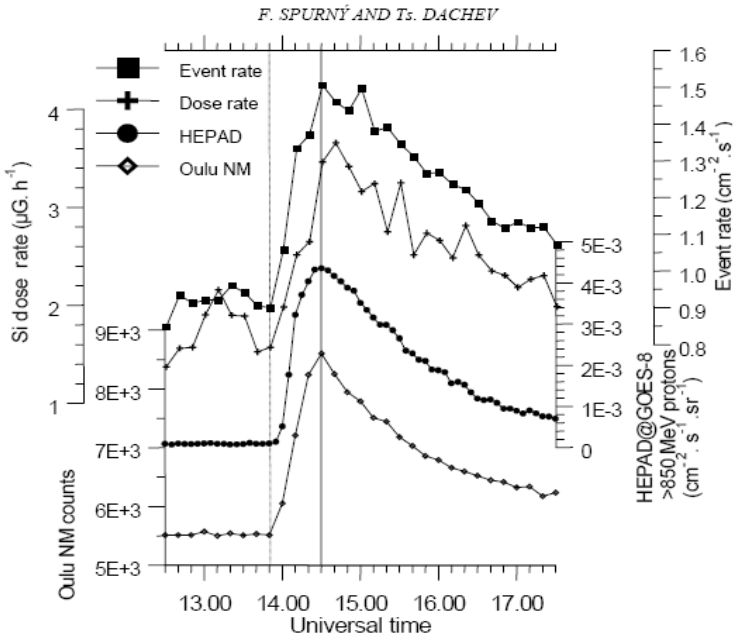

Space Weather
Extremely high energy electrons
Surface and Interior Charging
Micrometeoroids
Magnetic Attitude Control
Computer and Memory Upsets and Failures
Solar Cell Damage
High energy protons
Astronaut Safety
Atmospheric Drag
Ionosphere Currents
Plasma Bubble
Radio Wave Disturbance
Signal Scintillation
Airline Passenger Radiation
Rainfall
Water Vapor
Electricity Grid Disruption
Earth Currents
Telecommunication Cable Disruption
© Bell Laboratories, Lucent Technologies



TIME SCALE OF SOLAR EFFECTS

Figure courtesy of M.A. Shea, Geophysics Directorate, Phillips Lab

Slnečné erupcie – zvýšenie dávky ožiarenia na lietadlách.



gure 1. Comparison of on-board measured results with the data of the cosmic ray monitor (Oulu) and the GOES high-energy proton fluxes.

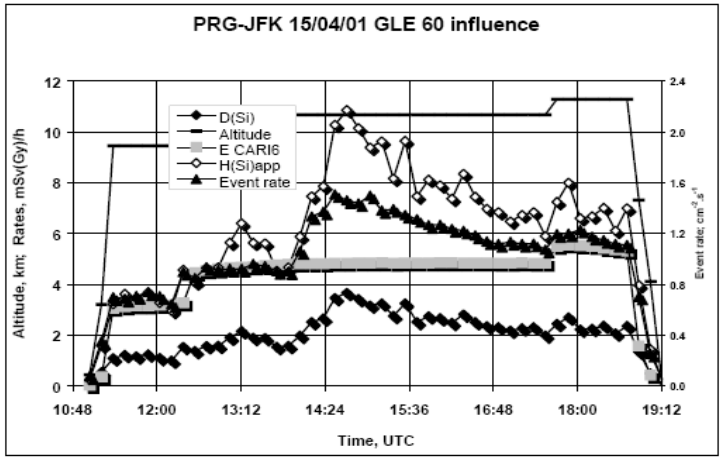
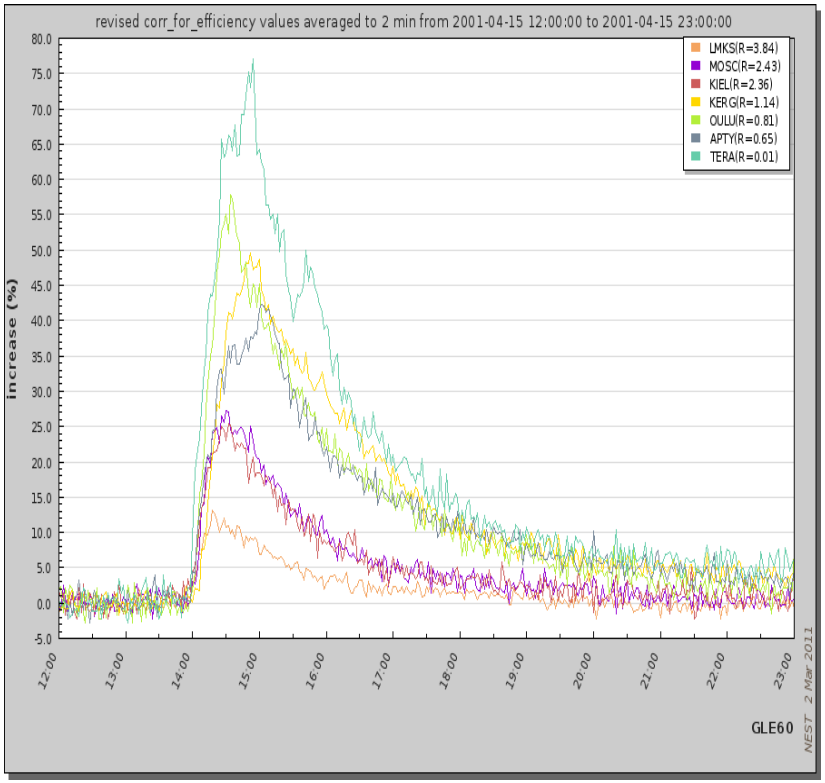


Figure 2. Flight data and experimental results from the Prague-New York flight on April 15, 2001.

Spurný and Dachev, 2001; NMDB archive



Forbushove poklesy – dávka ožiarenia klesá.

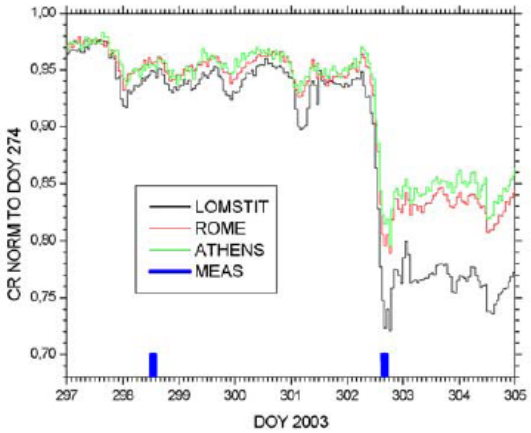


Figure 3. Cosmic ray variability on days 297–304 of 2003 at the Lomnický Štít, Rome and Athens neutron monitors. The two measurement intervals on airplane are indicated. The Forbush decrease affected strongly also high energy cosmic ray particles as seen at Rome and Athens.

SPURNÝ ET AL.: AIRPLANE DOSE DECREASE DURING A STRONG FORBUSH

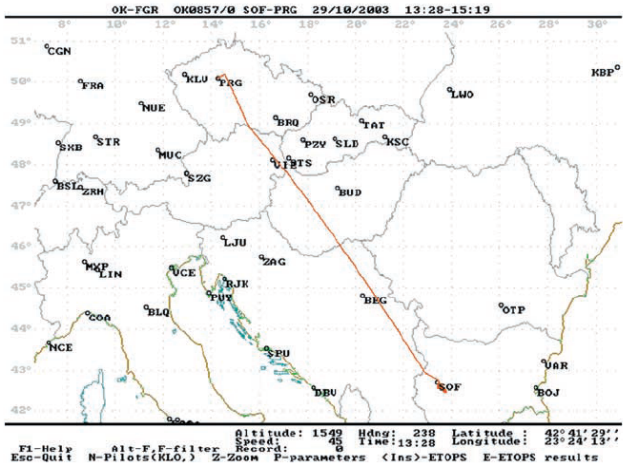


Figure 4. Flight route during the flight Sofia-Prague on 29 October 2003.

Spurný et al., 2004

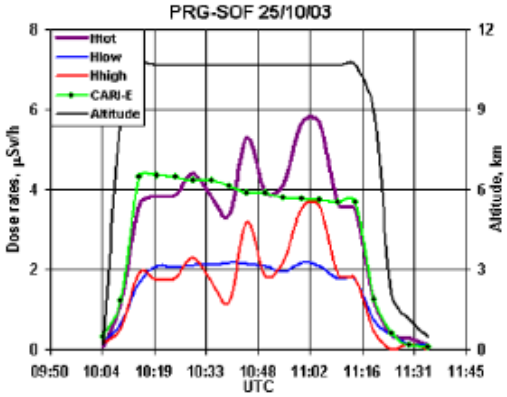


Figure 5. Flight altitude and exposure levels during the flight Prague Sofia.

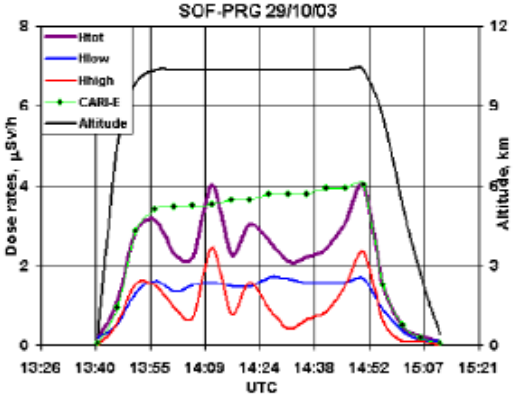


Figure 6. Flight altitude and exposure levels during the flight Sofia Prague.

3. Vzťahy medzi kozmickým žiarením a kozmickým počasím.

3.1. Krátkodobé varovania pred radiačnými búrkami.

lóny - ***desiatky – stovky MeV*** spôsobujú hlavné radiačné poškodenia na družiciach počas slnečných radiačných búrok – zlyhania elektronických prvkov, komunikačné a biologické následky.

Pred ich masívnym príchodom, NM, ak je ***dobré časové rozlíenie a sieť s viacerými NM v reálnom čase,*** môžu poskytnúť užitočné varovanie niekoľko minút – desiatky minút vopred *(Dorman, 2005).*

NM, slnečné n, gama, e.

a. NM na jednom mieste (***vysoká šírka, dobrá štatistika***) umožňuje získať energetické spektrum SKŽ: South Pole kombinácia NM64 a bez Pb obalu (*Bieber, AOGS, 2006*) pre event 20. januára 2005.

b. Sieť NM na vysokých šírkach.

GLE alarm v reálnom čase – Spaceship Earth – 9 z 10 GLE v r. 2001-2005 správny alarms. ***GLE system dáva skoršie varovanie než družicový systém*** (SEC/NOAA).

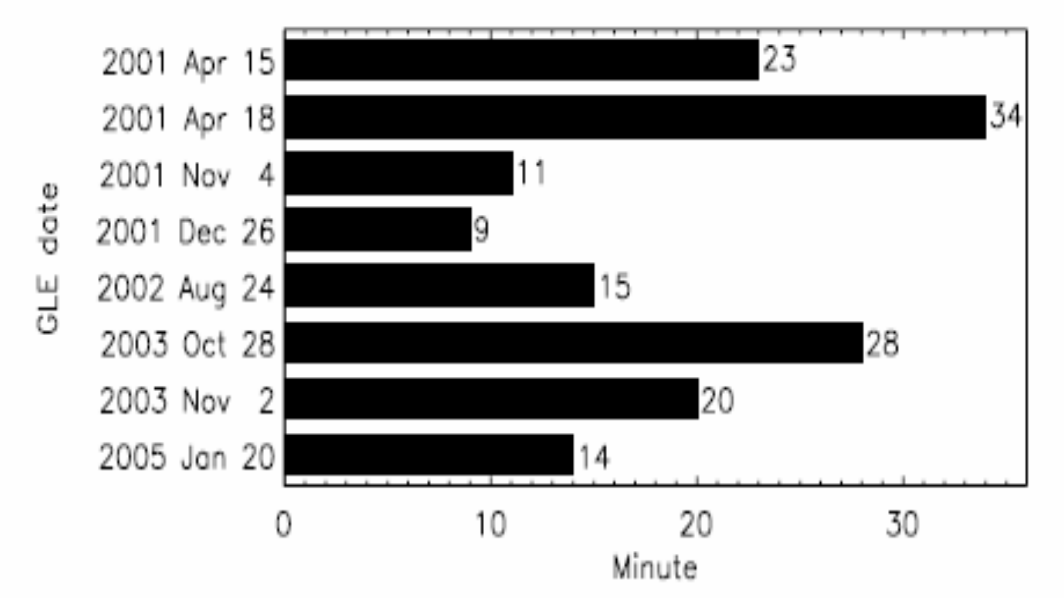


Figure 5. Number of minutes by which GLE alert precedes earliest SEC proton alert.

Kuwabara et al, 2006

c. Zahrnutie NM aj na stredných šírkach.

Mavromichalaki et al., 2009. NMDB projekt 7RP EÚ.

Table 3
Comparison of the GLE alarm times from our system to the alarm times on the basis of satellite proton data.

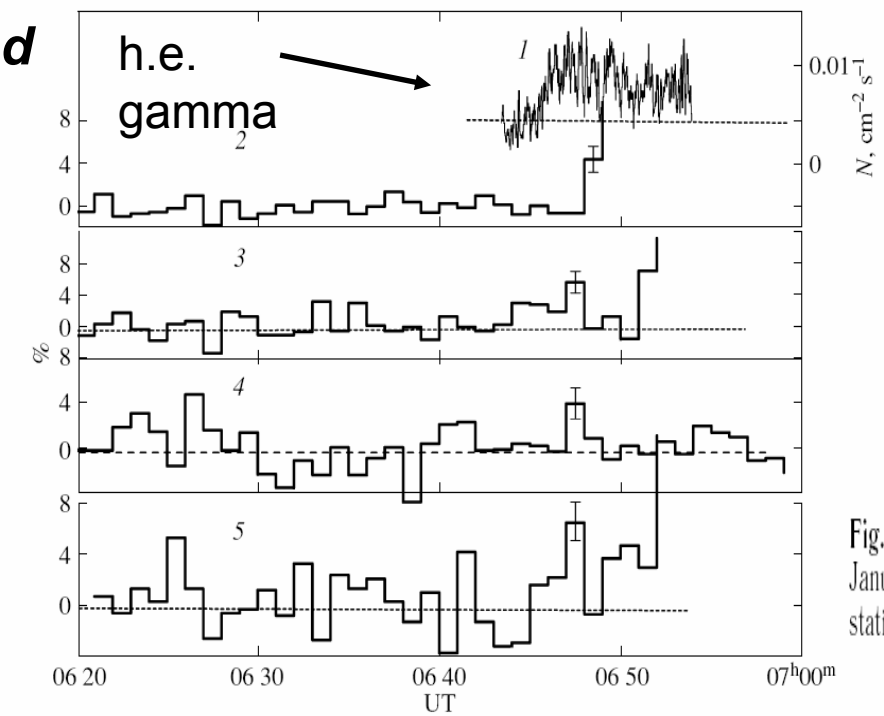
GLE number	Event date	Flare time (UT)	Location	Flare's type	GOES alert (100 MeV, >1 pfu)	Stations GLE alert (UT)	Difference of the two
60	15 April, 2001	13:19	S20W85	2B/X14.4	14:21	14:07	14
61	18 April, 2001	02:11	S20WLimbb	C2	3:11	2:51	20
64	24 August, 2002	00:49	S02W81	1F/X3.1	1:48	1:44	4
65	28 October, 2003	09:51	S16E08	4B/X17.2	11:51	11:18	33
66	29 October, 2003	20:37	S15W02	2B/X10.0	–	NO GLE	–
67	2 November, 2003	17:03	S14W56	2B/X8.3	17:56	17:46	10
68	17 January, 2005	–	–	–	–	NO GLE	–
69	20 January, 2005	06:36	N14W61	2B/X7.1	7:04	6:56	8

TABLE III: NMDB stations contributing to GLE Alert on-line

From Souvatzoglou et al., 2009

Almaaty	Jungfraujoch, NM64	Norilsk
Apatity	Kerguelen	Novosibirsk
Athens	Kiel	Oulu
Aragats	Lomnicky stit	Rome
Nor-Amberd	Mobile Cr lab	Terre Adelie
Irkutsk	Magadan	Tixie Bay
Mt Hermon	Moscow	Yakutsk
Jungfraujoch, IGY	Mirny	

Anashin et al, ICRC, 2009 – alert pre GLE.
http://cr0.izmiran.ru/GLE-AlertAndProfilesPrognosing



Identifikácia času urýchľovania *p* do vysokých energií *(Kurt, Yushkov and Belov, 2010).*
Pred hlavným vzrastom SKŽ prekurzor gama na CORONAS-F.

Fig. 1. Count rates of gamma-ray emission with an energy >60 MeV (curve *1*, the right scale) and some NMs during the January 20, 2005 event. Curves *2*, *3*, *4*, and *5* correspond to the South Pole, Oulu, Baksan, and Norilsk, respectively. The statistical errors of the NM count rates are given in these and subsequent figures.

Table 3. Basic characteristics of the events

Parameter	GLE 48	GLE51	GLE52	GLE65	GLE69
Date	May 24, 1990	June 11, 1991	June 15, 1991	Oct. 28, 2003	Jan. 20, 2005
Coordinates	W76 N36	W17 N31	W69 N33	E08 S16	W61 N14
Onset time of "pion" gamma-ray burst	20:48:30	02:12:56	08:15*	11:03:51	06:45:30
Precursor recording time	20:49–20:50	2:16–2:18	8:20–8:21	11:09–11:10	06:47–6:48
Δt, s	60 ± 30	240 ± 60	330 ± 30	250 ± 30	120 ± 30
Magnitude of effect	6.6σ (Mt. Wellington)	3.5σ (Newark)	8.5σ (Kiev)	2.7σ (Cape Shmidt, Irkutsk)	5σ (Norilsk)
GLE onset time	21:02–21:03	02:35–2:40	>8:30	11:12–11:13	06:49–6:50

* The time corresponds to the first radio emission maximum.

e. Energetické elektróny od erupcií.

Posner, 2007 ***možnosť krátkodobej predpovedi od relativistických slnečných e.***

Nové výsledky na:

http://ccmc.gsfc.nasa.gov/RoR_WWW/workshops/2010/Tuesday_pdf/Posner_REIeASE_CCMCWS_final.pdf

(Jan. 20, 2005) – elektronový prekurzor pozorovaný 20-25 min pred radiačnou búrkou.

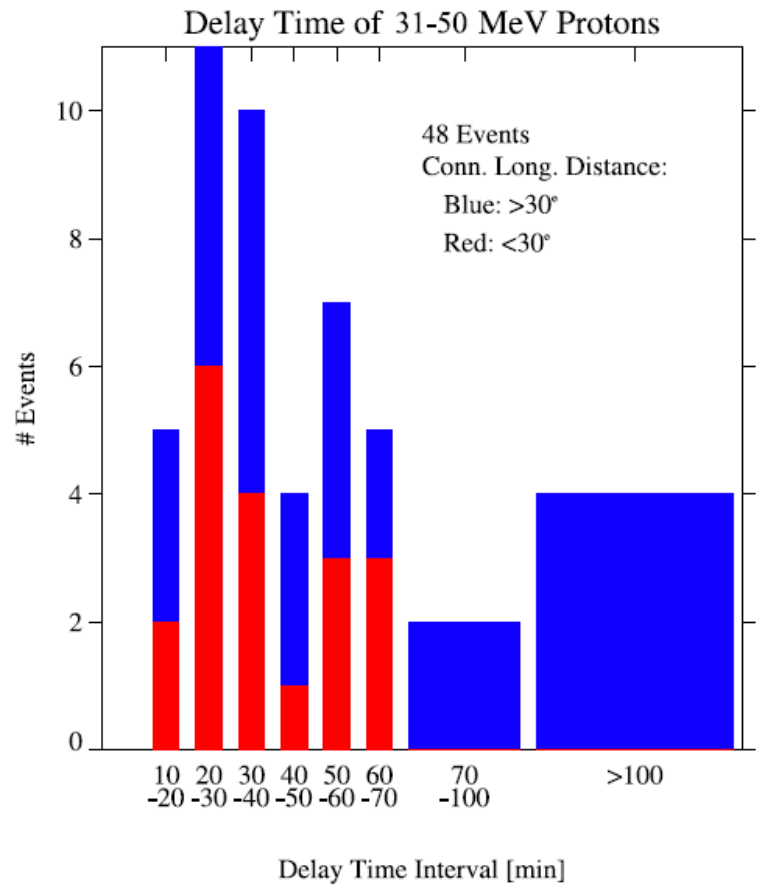


Figure 3. Histogram shows the distribution of 31–50 MeV proton onset delays over relativistic electrons. The diagram uses 48 SEP events from 1996–2002 with their observed delay times.

3.2. Elektróny “killers”.

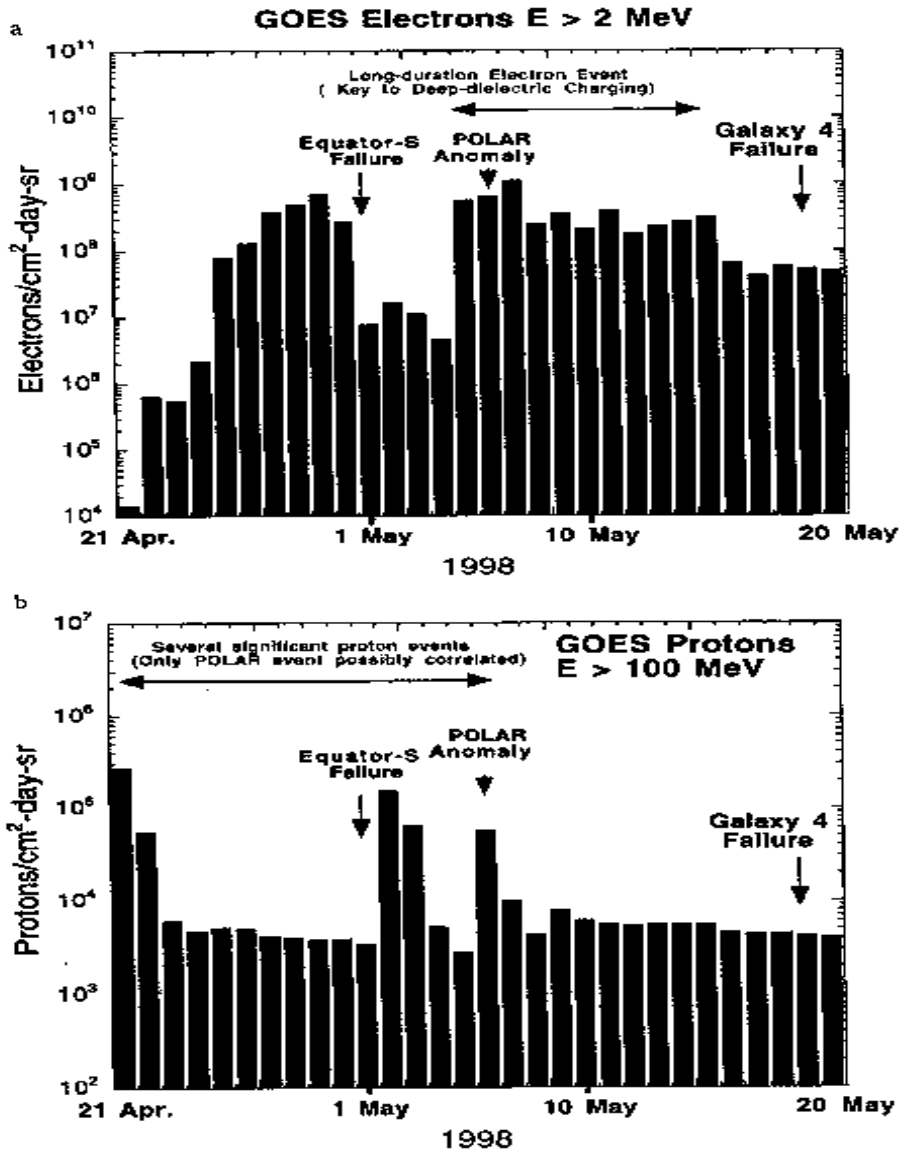
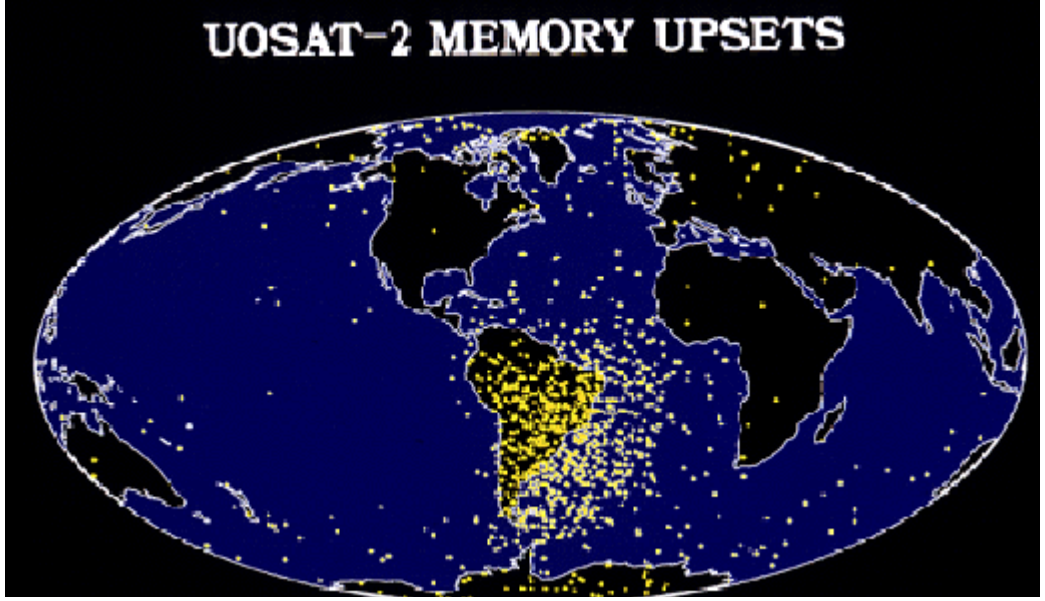


Fig. 3. a) GOES daily flux values of electrons with E>2 MeV for the period from April 21, 1998, to May 20, 1998. Dates of various spacecraft operational problems are noted including the Galaxy 4 failure on May 19. b) Similar to a) but for protons with E>100 MeV (courtesy of H. Singer).

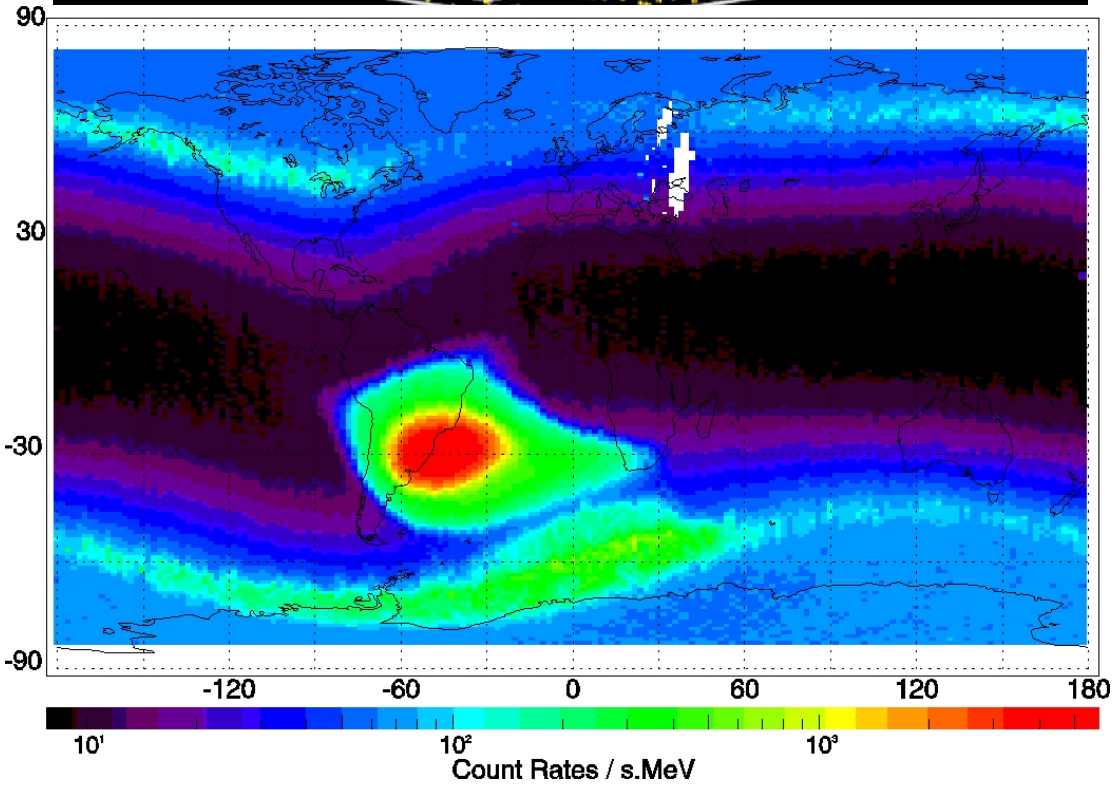
Deep dielectric charging.

Z (*Baker, D.N. et al., Disturbed space environment may have been related to pager satellite failure, Eos, 79, 477, 1998*)

Tiež SEU (SAA, vys. šírky), injekcia e do magnetosféry počas búrok koreluje s poruchami družíc.



Poruchy pamäti SEU

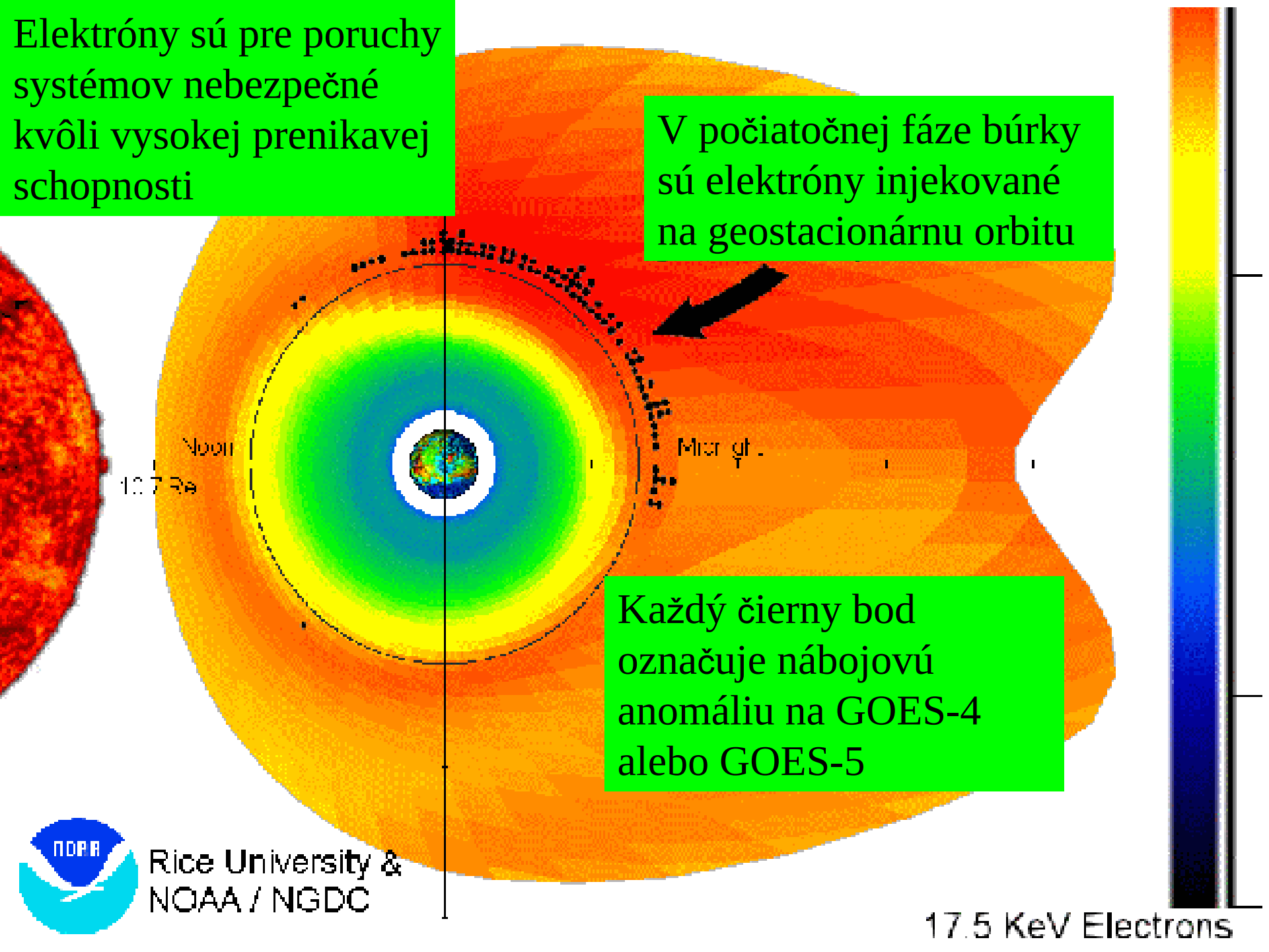


Mapa toku gama žiarenia 3-8 MeV na 500 km, CORONAS-I,

Bučík et al., 2000

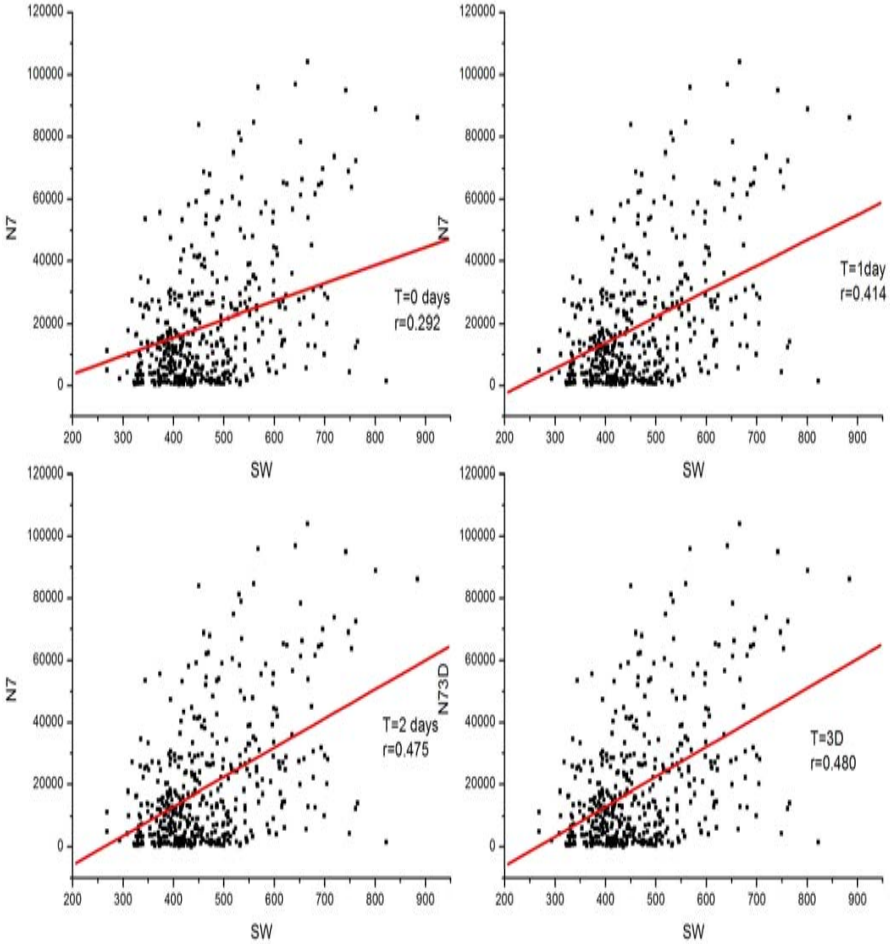
Elektróny sú pre poruchy systémov nebezpečné kvôli vysokej prenikavej schopnosti

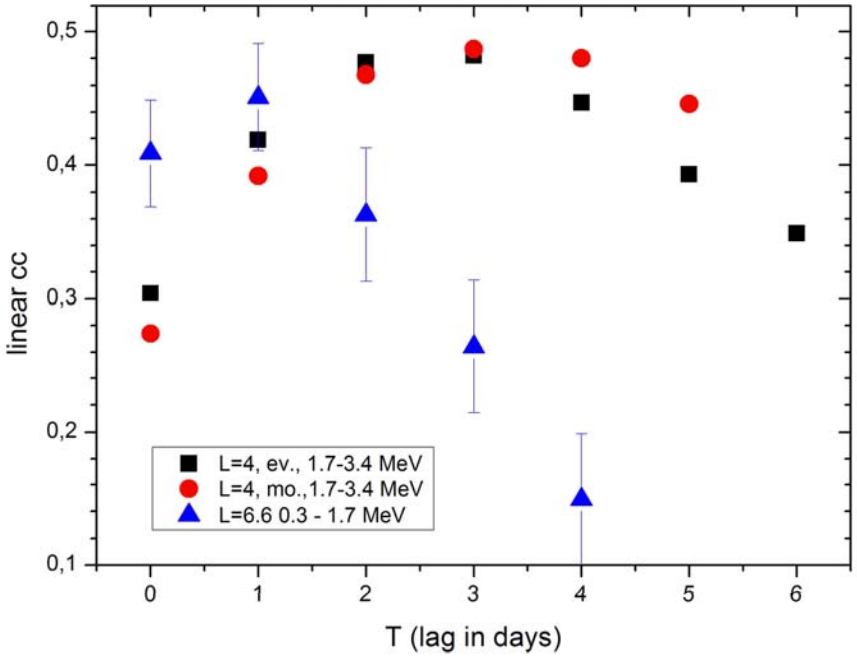
V počiatočnej fáze búrky sú elektróny injekované na geostacionárnu orbitu



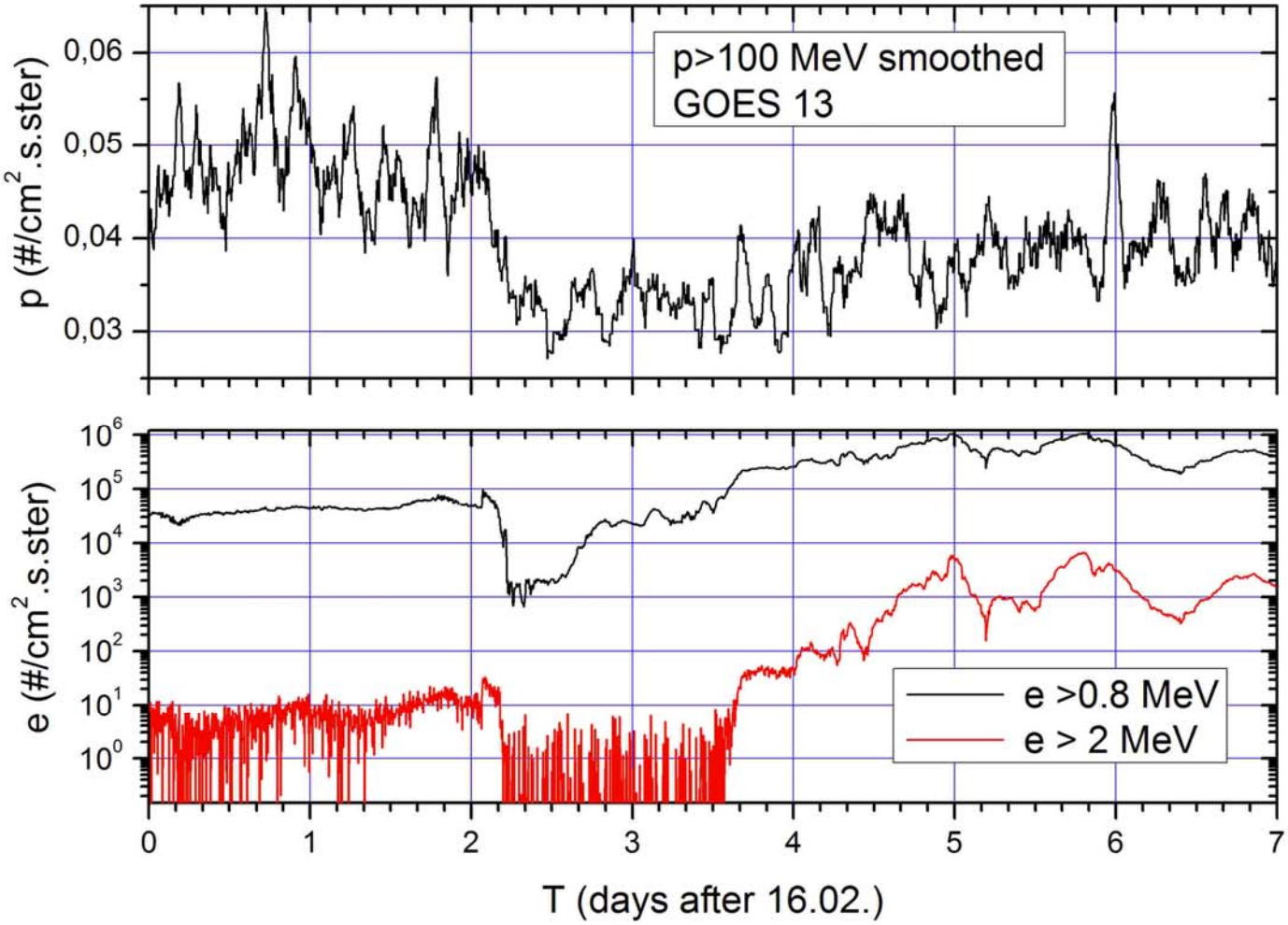
Každý čierny bod označuje nábojovú anomáliu na GOES-4 alebo GOES-5

Zistená lepšia korelácia relat. e so slnečným vetrom pri posuve niekoľko dní, než v danom čase. SERVIS-1 data (0.3-1.7 MeV). 2002-2004:





Event z februára 2011



Vzrast ***relativ. elektrónov až o >2 rády***

3.3. KŽ ako prekurzory geoefektívnych prípadov.

NMs ukazujú ***prekurzory pred príchodom MP rázovej vlny k Zemi a pred FD*** (*Dorman, 1963*). Časové vývoje Dst a FD sú veľmi odlišné *(e.g. Kudela and Brenkus, 2004; Kane, 2010).*

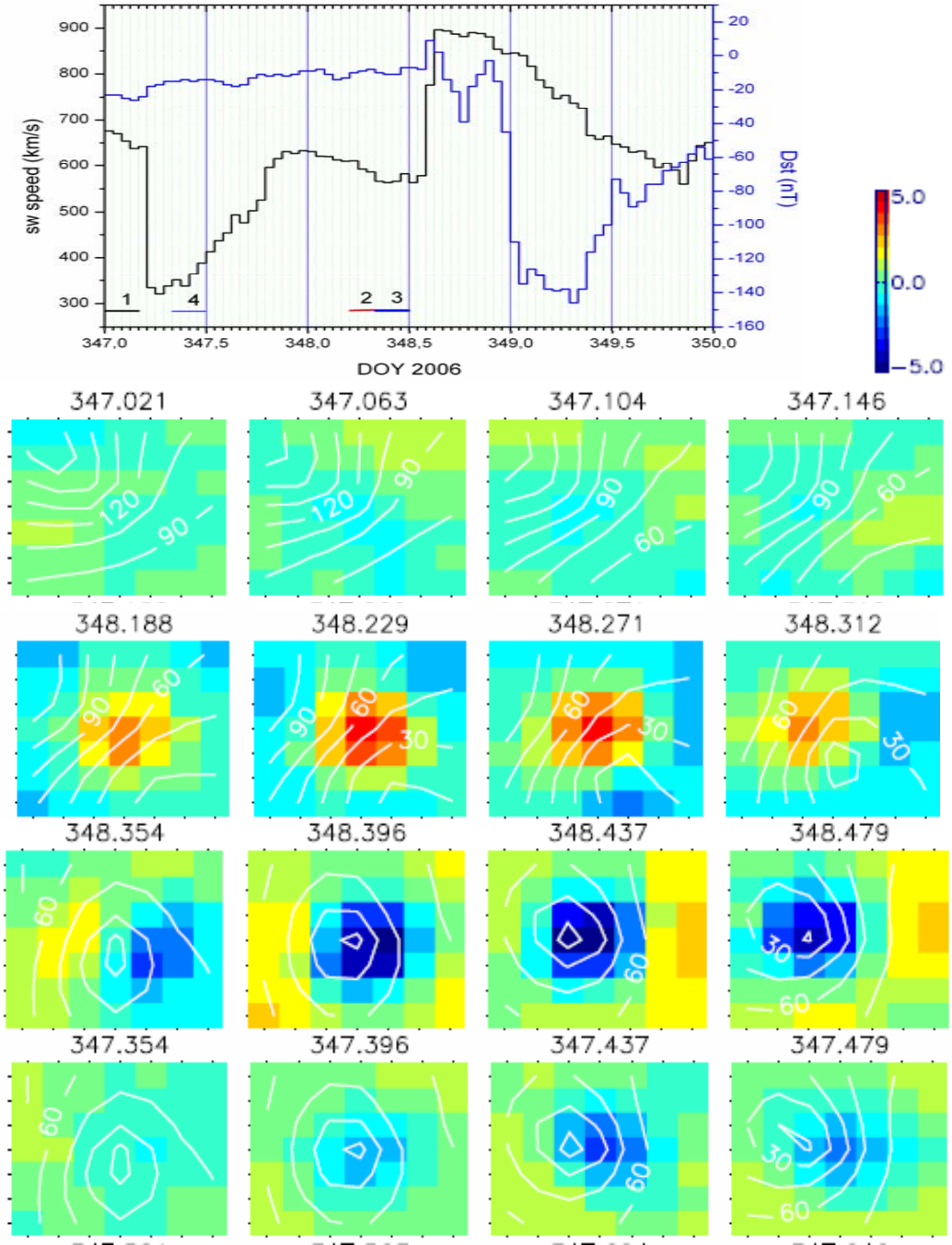
Prehľady o vzťahoch KŽ a KP napr. (*Flückiger ECRS, 2004*; *Storini ECRS 2006, 2010*; *Kudela et al, 2000; 2009; Siingh et al., 2010*).

Pretože KŽ má vysoké **v** a λ_{par}, ***informácia o vznikajúcej anizotrópii spojená s IMF nehomogenitami je prenášaná rýchlo do vzdialených oblastí (Zem)***: deficit KŽ je pozorovaný až do $0.1 \,.\, \lambda_{par} \,.\, \cos(\Phi)$, Φ – náklon IMF (*Ruffolo, Ap.J., 1999*).

Prekurzory FD v rámci PA transportu blízko rázovej vlny – závisia od magnetickej turbulencie, strednej volnej dráhy a rozpadovej dĺžky pre energie ku ktorým sú NM a mezónové detektory (MD) citlivé.

Typicky ***NM ~4 hr pred príchodom rázovej vlny,***
MD ~15 hr pred RV (*Leerungnavarat et al, Ap.J., 2003*).

a. ***Príklad.***



Prekurzor ku FD 14.12.06. GMDN (*Fushishita et al., 2009; Ap.J., 2010*)

1- pred búrkou ~ izotropia

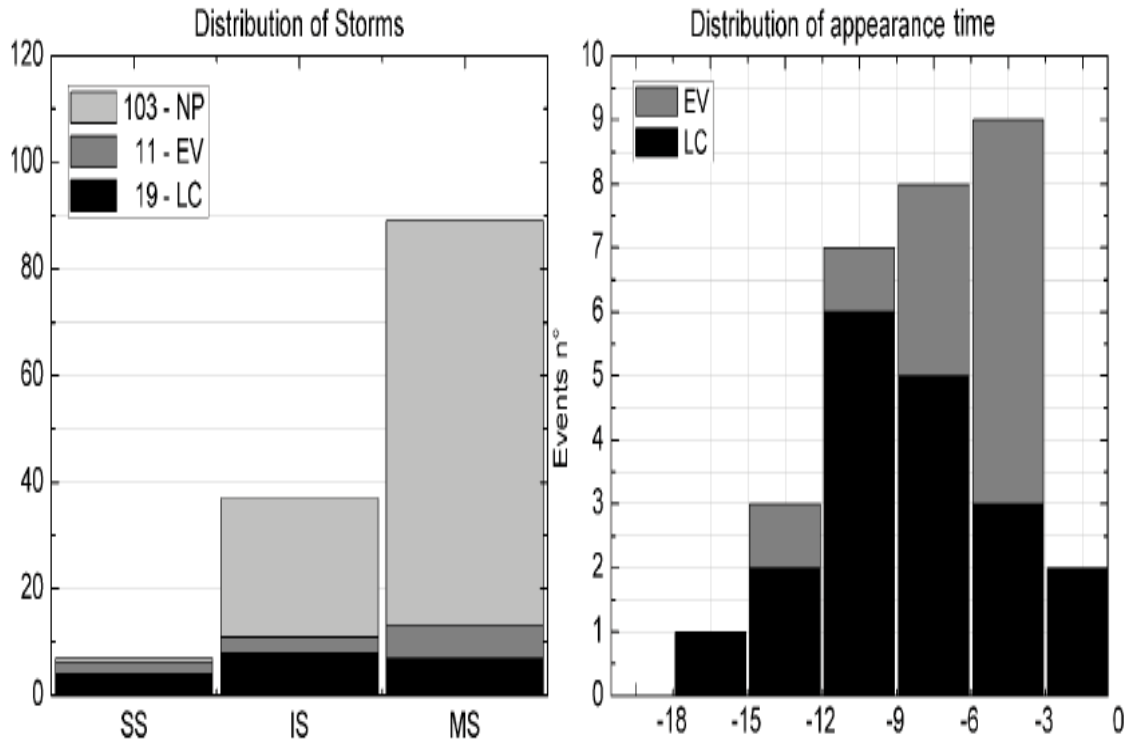
2 – nadbytok pri 30-90° – KŽ sa odráža od IP rázovej vlny približujúcej sa k Zemi

3 - LC prekurzor, deficit pri PA ~ 0°

4 – slabý LC príznak *deň pred* (~7 h po CME zo Slnka, tj. IP rázová vlna ~0.4 AU).

b. Štatistické štúdie.

2001-2007, pred geomag. Búrkami. *Da Silva et al, 2009*. Dáta GMDN.



Dst<-250 nT

Dst (-250,-100)

Dst (-100, -50)

Fig. 3: Histograms of magnetic storms intensity and the appearance time of precursors. "NP" , "EV" and "LC" represent, respectively, "no-precursor" , "enhanced variation" and "loss cone" precursors.

Výskyt prekurzorov ***pred SSC*** vzrastá s hodnotou $|Dst_{max}|$:
15% pre MSt, 30% pre IS a 86% pre SuperSt je sprevádzaných CR prekurzorom pozorovaným ***v priemere 7.2 h pred náhlym začiatkom búrky***.

Niektoré otvorené otázky:

-Môže KŽ poskytovať informácie o platnosti modelov geomagnetického poľa v porušených podmienkach? Ako k validácii modelov môže prispieť meranie ENA?

-Do akej miery sú relativistické elektróny vonkajšieho pásu ovplyvnené slnečným vetrom a IMF?

-Aký príspevok k zachytenej radiácii dáva prienik slnečných protónov do magnetosféry. Ktoré procesy v magnetosfére a v medziplanetárnom prostredí ovplyvňujú prienik SKŽ?

-***Tvorba predpovedí pre merania v budúcich experimentoch s KŽ (AMS 02) s využitím simulácií a teoreticky známych princípov modulácie (p, e, …). Ako sa budú zhodovať s meraním.***

Aktivity Oddelenia kozmickej fyziky ÚEF SAV Košice

http://space.saske.sk

V 04/2009 vzniklo na vých. Slovensku „Centrum kozmických výskumov: vplyvy kozmického počasia“, AsÚ SAV T. Lomnica a partneri ÚEF SAV Košice a UPJŠ Košice (ŠF EÚ).

Poďakovanie. Prezentácia pripravená s podporou ITM 26220120009 Operačného programu Výskum a vývoj.

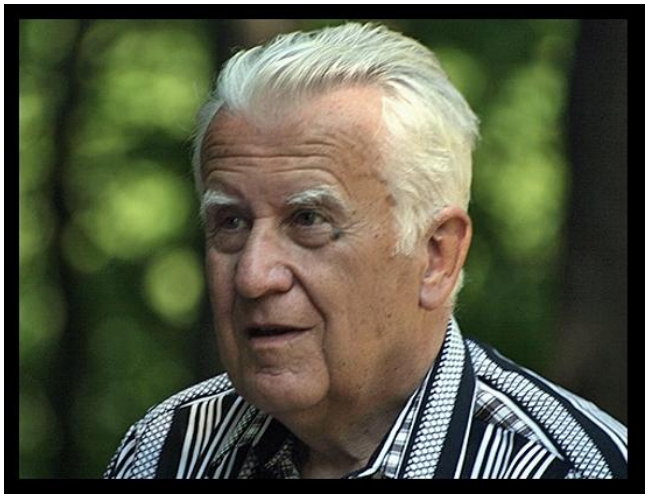
Prof. RNDr. Juraj Dubinský

(* 12.6.1914 † 22.11.1994)

RNDr. Ladislav Just, CSc

(* 14.9.1946 † 7.3.2004)

Ing. Jozef Rojko, CSc



(* 7.5.1934 † 12.4.2011)