

Pomiary ELF źródłem informacji o globalnej aktywności burzowej

mgr inż. Zenon Nieckarz

Zakład Klimatologii

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

Praca dofinansowana przez grant MNiSW nr N30705032/2568

Metody wyznaczania globalnej aktywności burzowej

Pomiary naziemne

Sieci oparte na pomiarze fal EM

HF i VLF

VLF

ELF

Pomiary satelitarne

Instrument OTD (1995 - 2000) inklinacja 70 deg

Instrument LIS (1998 - obecnie) inklinacja 35 deg

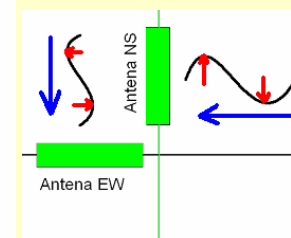
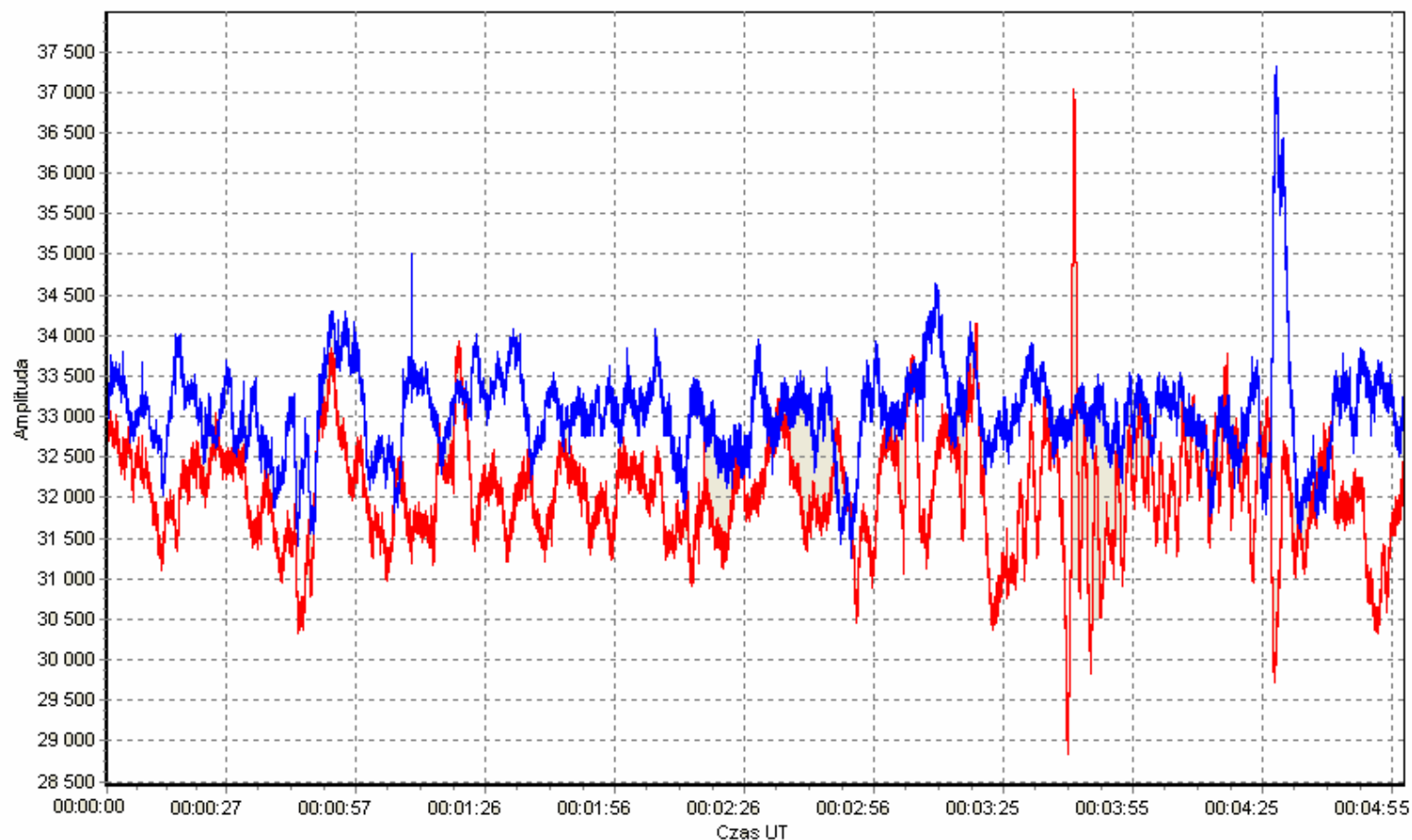
Polska – IMGW - od 2002 działa system detekcji i lokalizacji wyładowań atmosferycznych PERUN (SAFIR3000)

Produkty oferowane przez system radarowy

Product Abbreviation	Product Name	Output format
PPI	Plan Position Indicator	8, PNG, BUFR, XML
CAPPI- single station + composite	Constant Altitude PPI	8, PNG, BUFR, XML
MAX	Maximum Display	8, PNG,(BUFR), XML
EHT	Echo Height	8, PNG, XML
VAD	Velocity Azimuth Display	PNG, XML
VVP	Volume Velocity Processing	PNG, BUFR, XML
UWT	Horizontal Wind Technique	PNG, XML
HWIND	Horizontal Wind Display	PNG, XML
LMR	Layer Mean Reflectivity	8, PNG, XML
SRI- single station + composite	Surface Rainfall Intensity	8, PNG, BUFR, XML
PAC	Precipitation Accumulation	8,PNG, XML
VIL	Vertically Integrated Liquid Water	8, PNG, XML
SHEAR	Shear Measurement	8, PNG, XML
HSHEAR	Horizontal shear	8, PNG, XML
VSHEAR	Vertical Shear	8, PNG, XML
MESO	Mesocyclone Detection	PNG, XML
SWI	Severe Weather Indicator	PNG, XML
ZHAIL	Hail Detection	PNG, XML
CTR	Cell Tracking	PNG, XML

<http://www.imgw.pl>

Pierwsze 5 minut 2006 roku



Dwie składowe magnetyczne

Antena NS

Antena EW

$f_s = 175 \text{ Hz}$

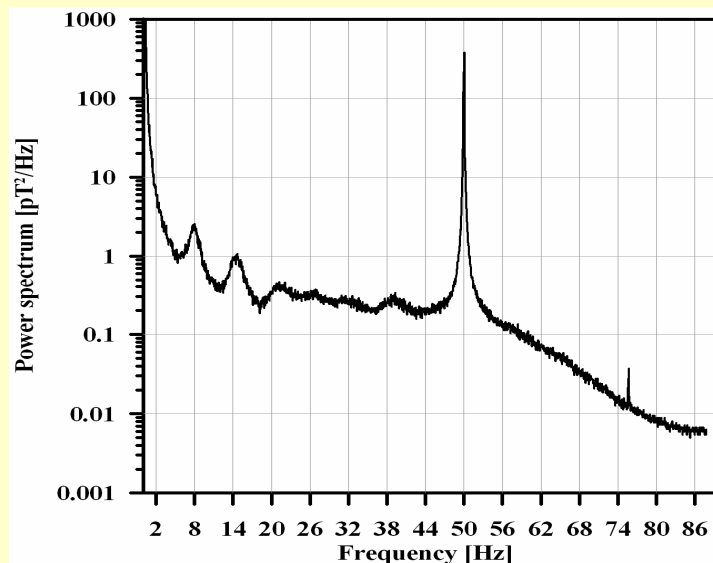
A/D = 16 bit



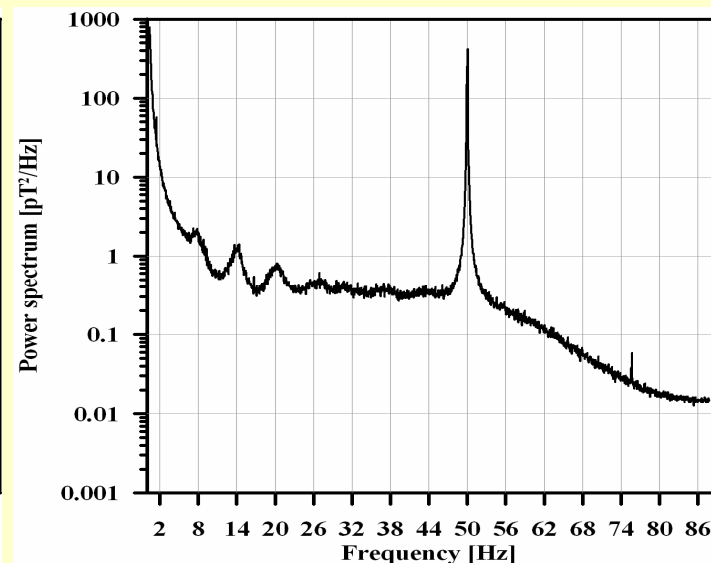
Zastosowana metoda analizy

$$|B(f)|^2 = \text{szum} + \sum_{n=1}^N \frac{A_n \cdot (1 + e_n \cdot (f - f_n))}{(f - f_n)^2 + \left(\frac{G_n}{2}\right)^2}$$

A_n	-amplituda [a.u.]
f_n	-częstotliwość [Hz]
G_n	-szerokość połówkowa [Hz]
e_n	-parametr asymetrii [1/Hz]
Szum	- szum „biały” i „kolorowy” ($\sigma+z/f^b$)



Antena NS



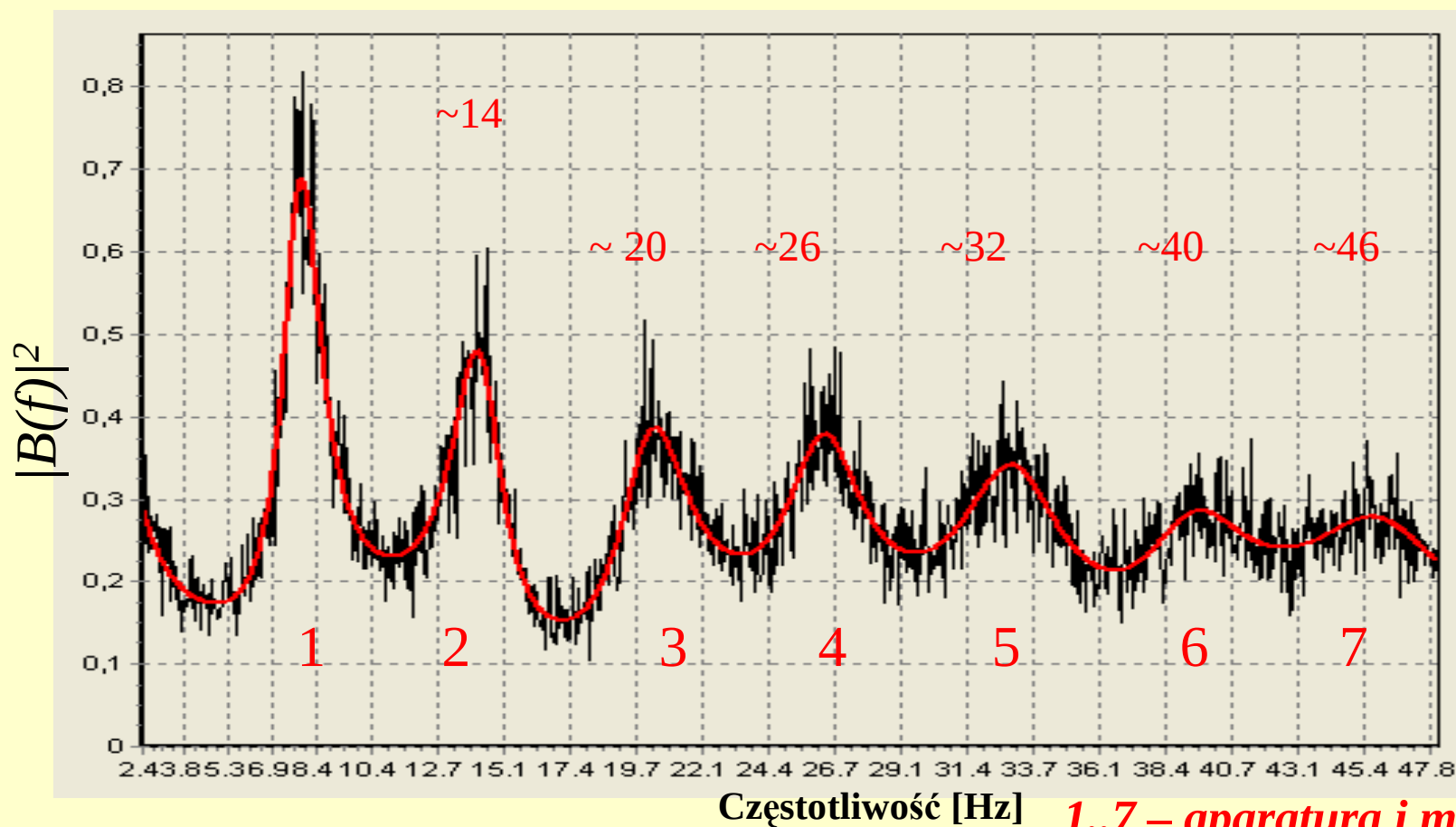
Antena EW

Stacja Hylaty / 2004-10-27 / 17:00 UT

Kuław, A., J. Młynarczyk, S. Zięba, S. Micek, and Z. Nieckarz (2006), Studies of ELF propagation in the spherical shell cavity using a field decomposition method based on asymmetry of Schumann resonance curves, J. Geophys. Res., 111, A10304, doi:10.1029/2005JA011429.

Przykład dopasowania

~8 Hz



Ile pików rezonansowych można wyznaczyć z obserwacji ?

(14 modów rezonansowych, Füllekrug M., J.G.R., 2006)

Przykład parametrów dopasowania

$$|B(f)|^2 = \text{szum} + \sum_{n=1}^N \frac{A_n \cdot (1 + e_n \cdot (f - f_n))}{(f - f_n)^2 + \left(\frac{G_n}{2}\right)^2}$$

A_n

–amplituda [a.u.]

f_n

–częstotliwość [Hz]

G_n

–szerokość połówkowa [Hz]

e_n

–parametr asymetrii [1/Hz]

Szum

– szum „biały” i „kolorowy” ($\sigma+z/f^b$)

Czas	A1	f1	G1	e1	A2	f2	A7	f7	G7	e7	s	z	b
301,750	0,311	7,80	1,69	-0,105	0,191	14,29		45,71	9,73	-0,037	0,0119	5,53	2,21
301,792	0,379	7,81	1,84	-0,120	0,217	14,34		46,60	11,65	-0,021	0,0000	3,72	2,04
301,833	0,310	7,71	1,60	-0,171	0,158	14,30		46,39	8,25	-0,035	0,0100	2,96	1,95
301,875	0,352	7,78	1,65	0,017	0,164	14,25		46,60	6,46	-0,046	0,0061	3,24	1,89
301,917	0,356	7,64	1,44	0,055	0,131	14,99		43,29	2,86	-0,198	0,0000	27,68	2,37
301,958	0,256	7,77	1,85	-0,017	0,109	14,20		44,37	11,06	-0,022	0,0052	3,21	2,03
302,000	0,170	7,91	1,75	0,152	0,090	14,32		43,90	4,90	-0,007	0,0079	3,23	1,99
302,042	0,189	7,87	1,97	0,110	0,095	14,36		44,35	5,45	0,032	0,0010	3,29	2,00
302,083	0,471	7,52	1,88	0,062	0,163	15,00		43,20	2,16	-0,172	0,0000	13,26	2,19
302,125	0,113	7,96	1,80	0,110	0,063	14,25		44,01	8,70	-0,002	0,0062	3,40	2,03
302,167	0,112	7,96	1,68	0,189	0,077	14,24		45,35	6,08	-0,009	0,0084	4,49	2,11
302,208	0,104	7,93	1,43	0,269	0,045	14,12		44,73	3,39	-0,102	0,0129	4,02	1,95
302,250	0,116	7,91	1,43	0,266	0,059	14,17		45,53	4,05	-0,036	0,0124	3,77	2,01
302,292	0,535	7,36	1,84	0,055	0,145	15,00		45,14	2,26	0,000	0,0000	23,16	2,25
302,333	0,122	7,77	1,39	-0,008	0,103	14,00		44,12	5,18	0,031	0,0082	3,73	2,07

7 modów rezonansowych x 4 parametry

28+3 = 31

Rozdzielczość FFT = 0.08 Hz

Liczba danych = 468 punktów

Czas pojedynczego dopasowania = 1-2 minuty (przeciętny PC)

Konstruowanie parametru I_{RS}

$$I_{RS,X} = \sum_{k=1}^7 p_{X,k}$$

$$I_{RS,Y} = \sum_{k=1}^7 p_{Y,k}$$

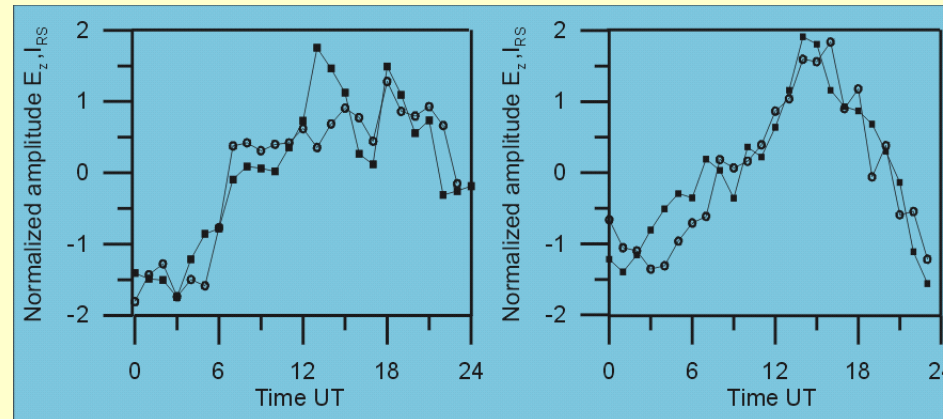
Dla wybranych kierunków

$$I_{RS} = I_{RS,X} + I_{RS,Y} \quad \text{Indeks globalny}$$

1. Większa odporność na zakłócenia
2. Zmniejszenie wpływu odległości źródło-obserwator

Przykładowe zastosowanie

Korelacja pomiędzy natężeniem pola elektrycznego E_{0Z} a parametrem I_{RS}



Współpraca:

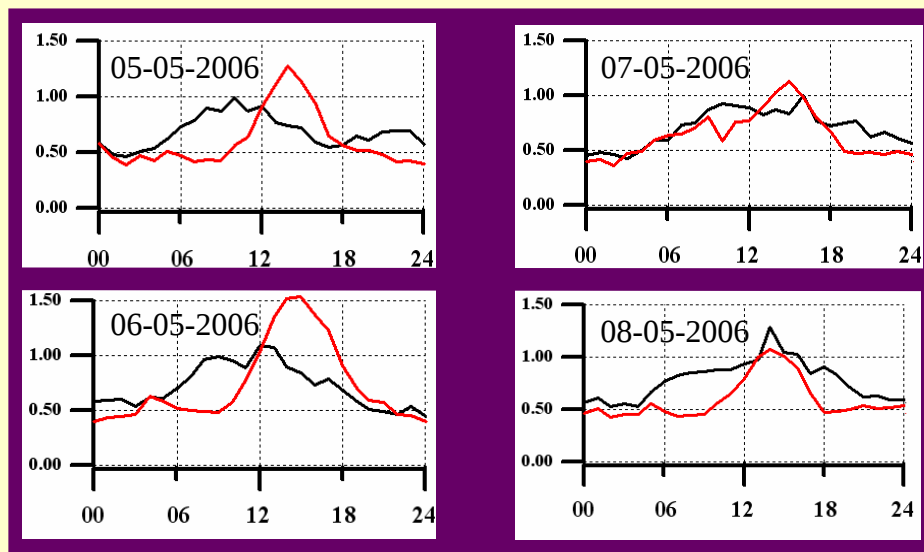
Instytut Geofizyki PAN, Warszawa

04-10-2005 $R=0.88$

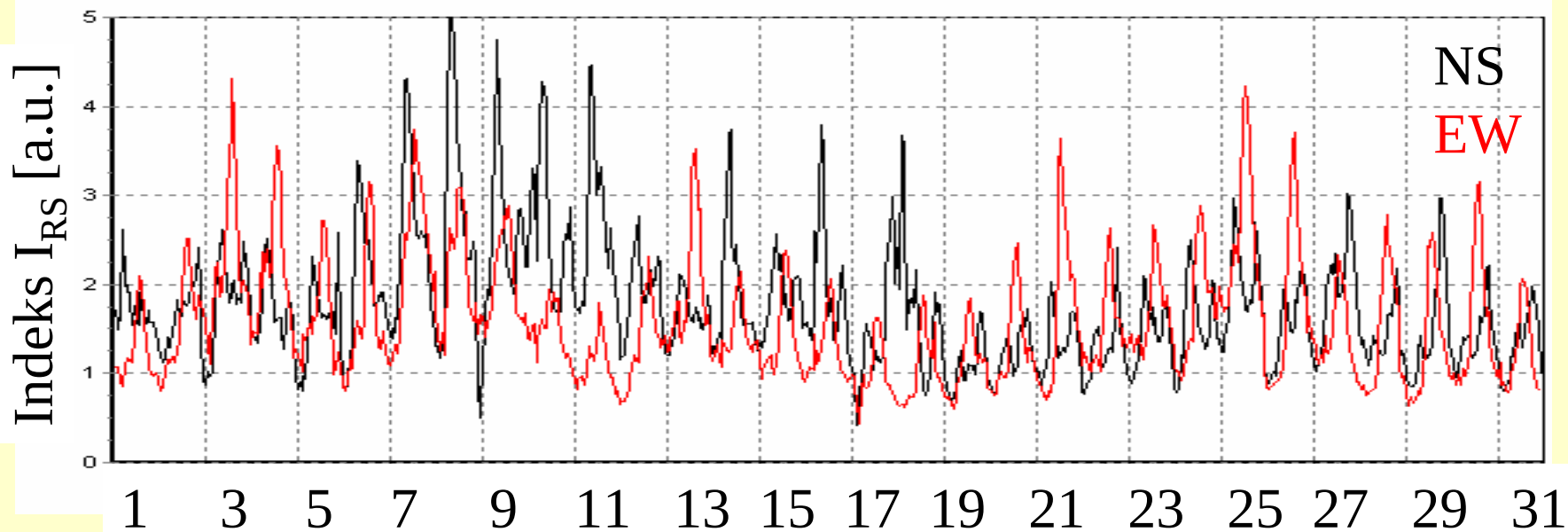
18-10-2006 $R=0.84$

Zenon Nieckarz, Andrzej Kułak, Stanisław Zięba, Marek Kubicki, Stanisław Michnowski and Piotr Barański, Comparison of Global Storm Activity Rate Calculated from Schumann Resonance Background Components to Electric Field Intensity E_{0Z} , *Atmospheric Research*, (artykuł zaakceptowany do druku)

Różne skale czasu

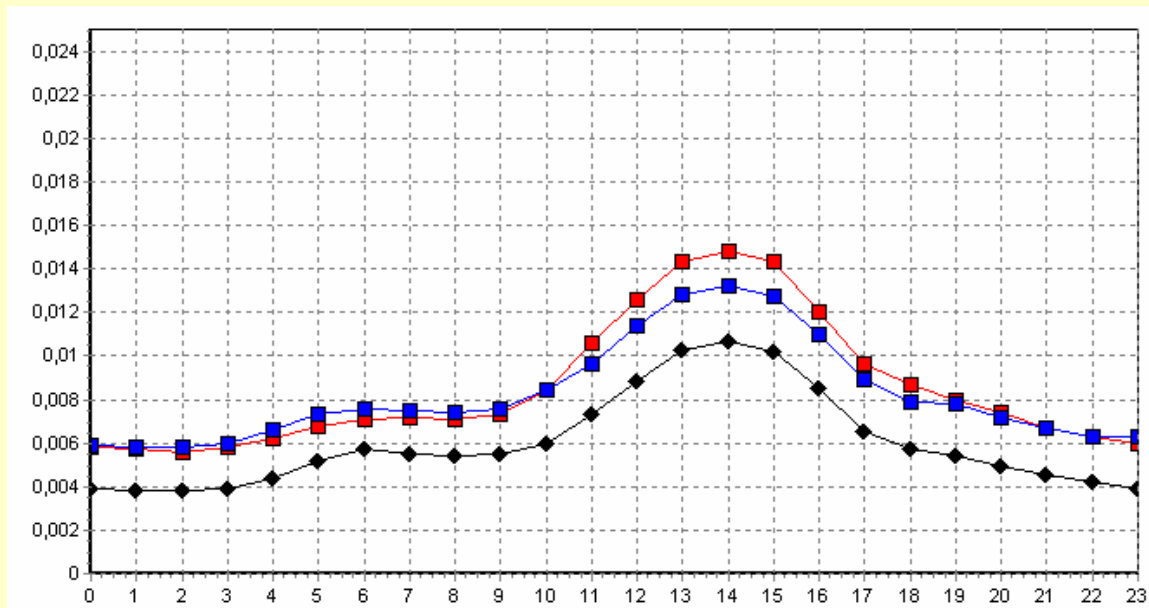


Styczeń 2006



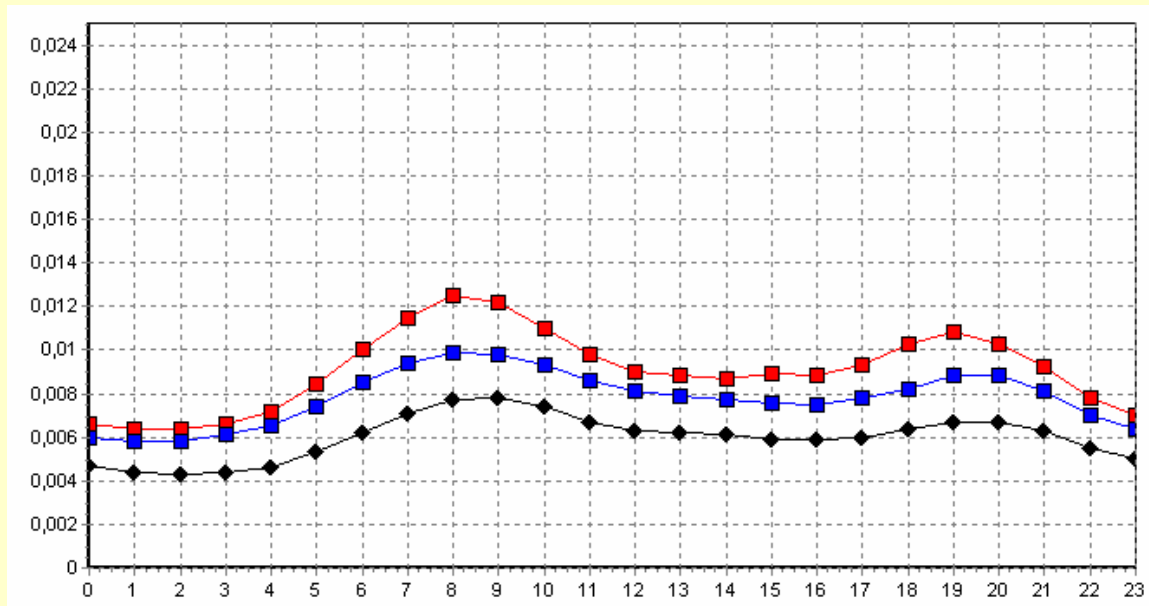
Średnie przebiegi dobowe

EW



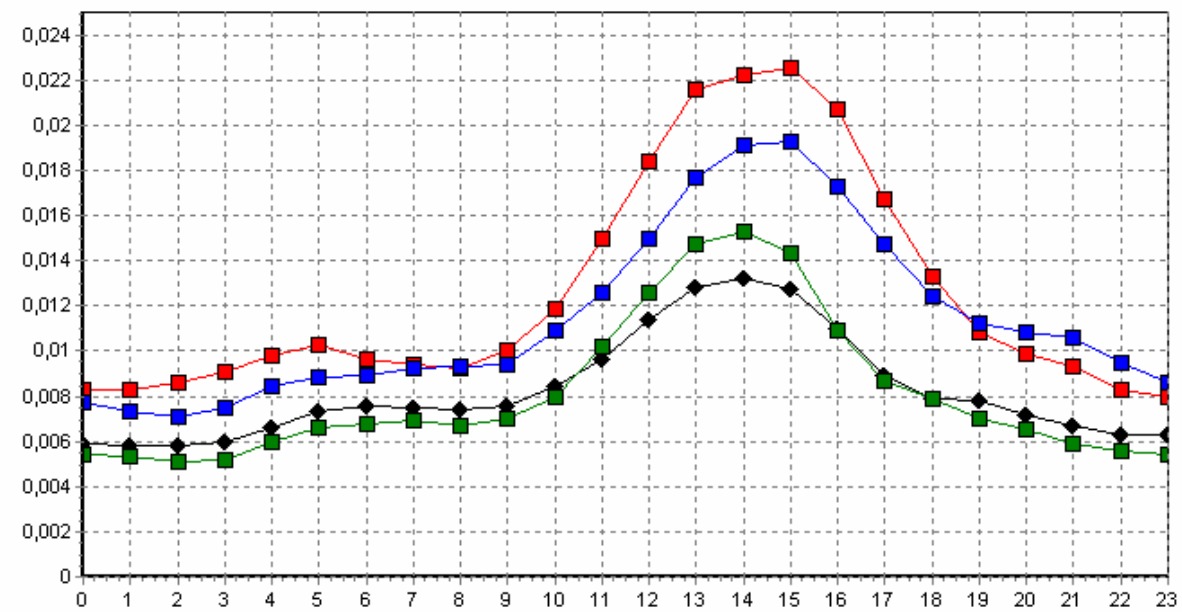
I-III 2005
I-III 2006
I-III 2007

NS



Średnie przebiegi dobowe

EW



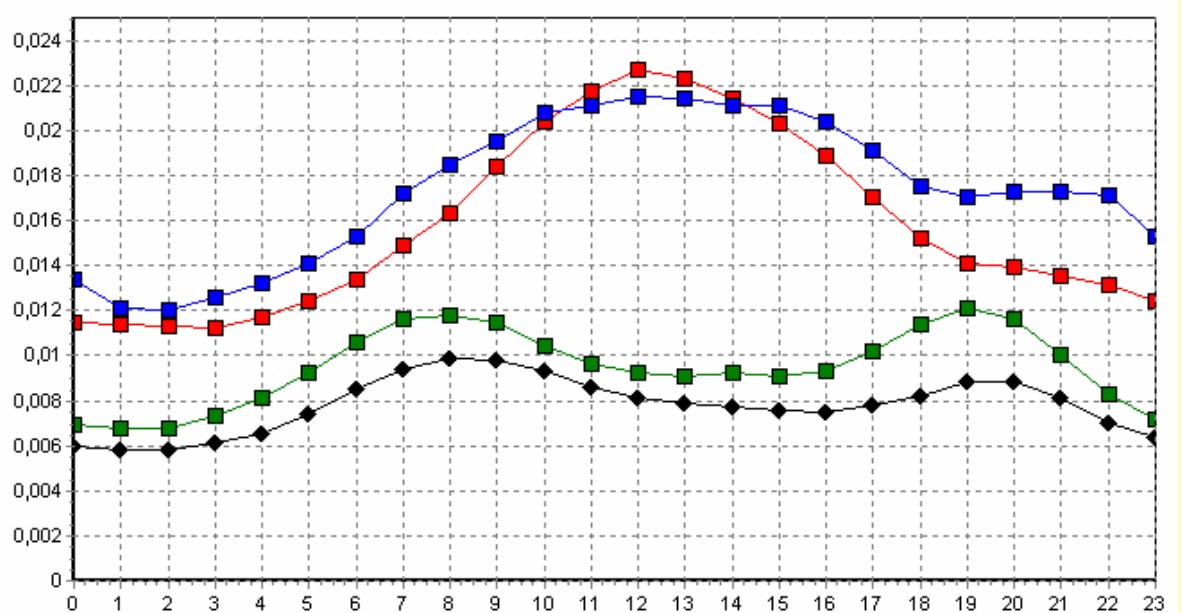
I-III 2007

IV-VI 2007

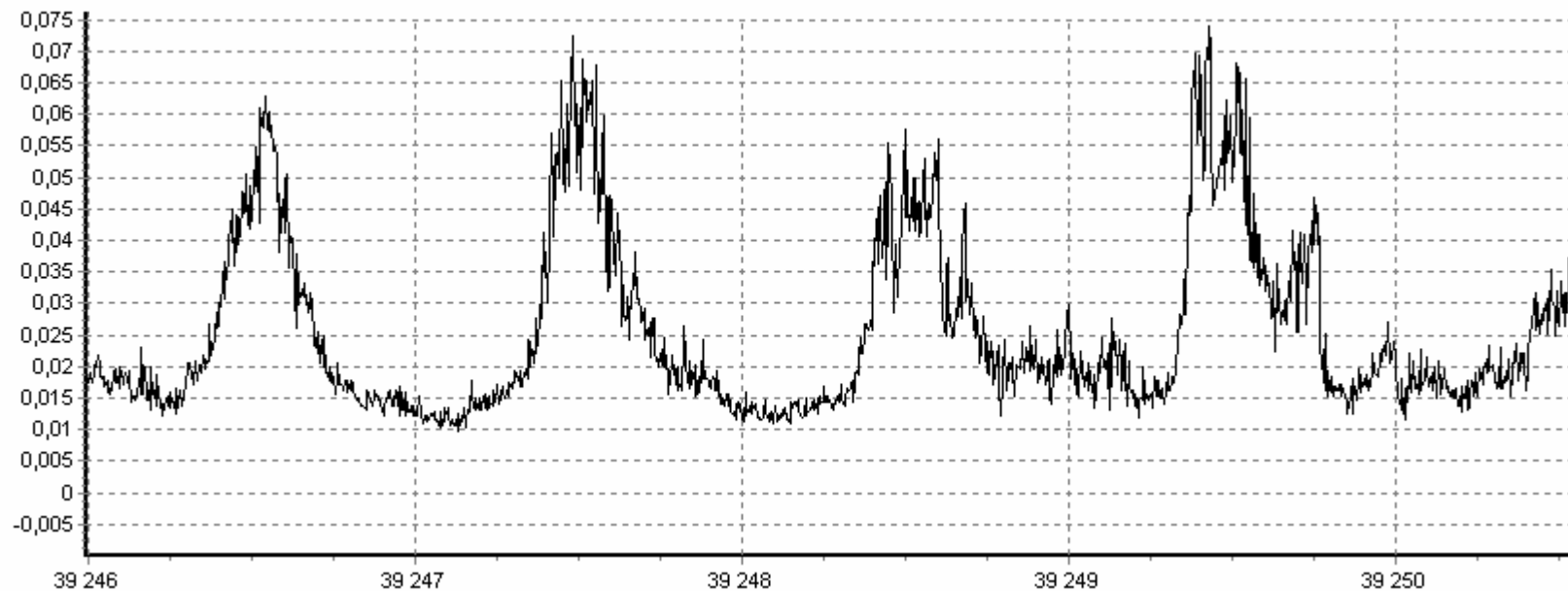
VII-IX 2007

X-XII 2007

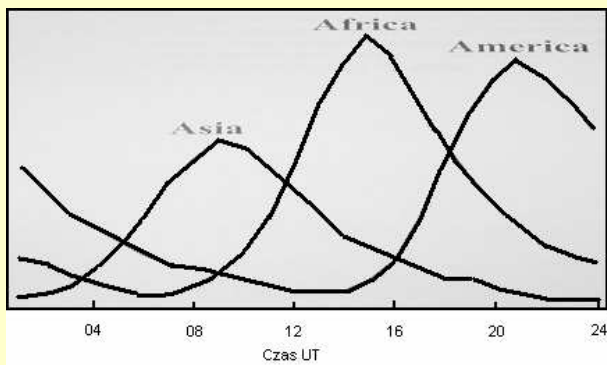
NS



Różny charakter przebiegu dobowego

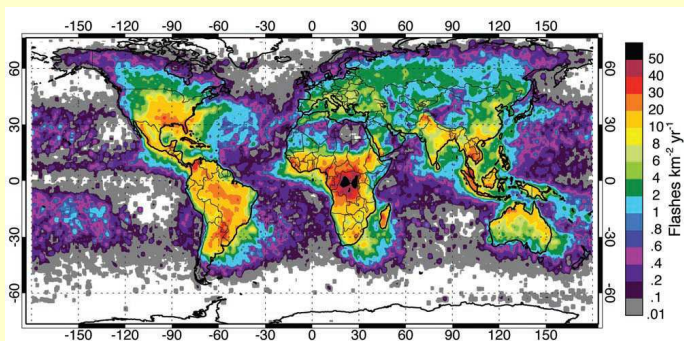


Inne źródła informacji



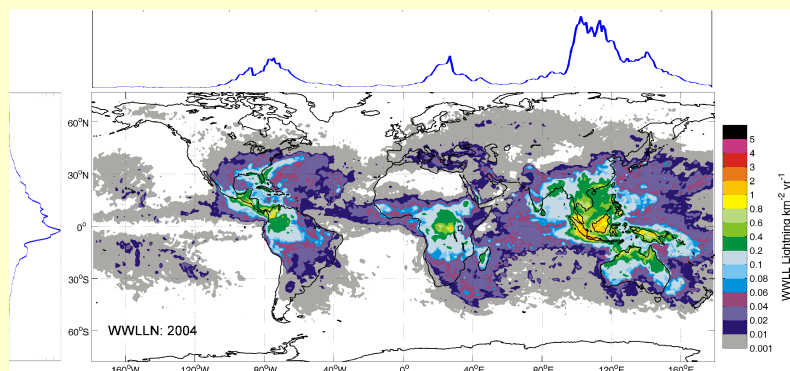
Obserwacje naziemne

WMO (1956), World distribution of thunderstorm days, part 2: tangles of marine data and world maps, OMM-No.21, TP.21



Pomiary satelitarne OTD/LIS

H. J. Christian, *J.G.R.*, 2003



Sieć stacji VLF

C. J. Rodger et al. *Ann. Geophys.*, 2006

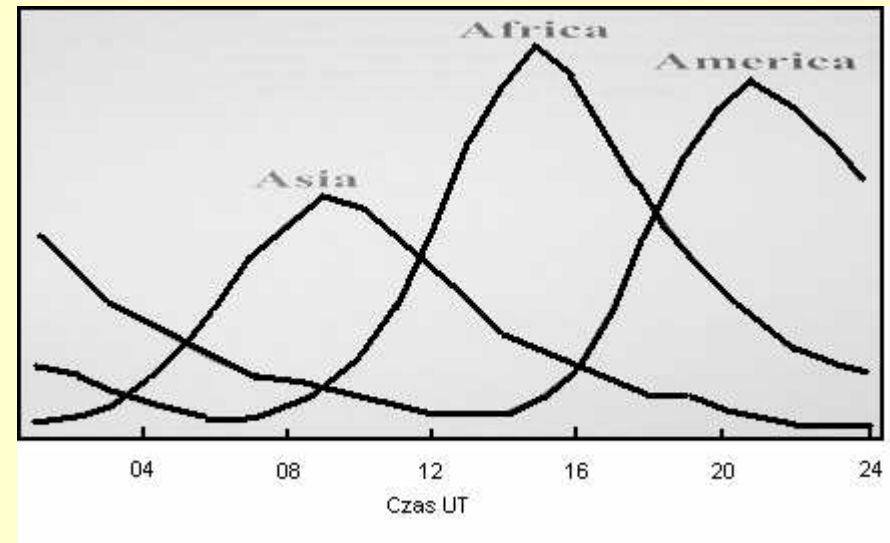
<http://webflash.ess.washington.edu/>

Aktywność obszarów tropikalnych

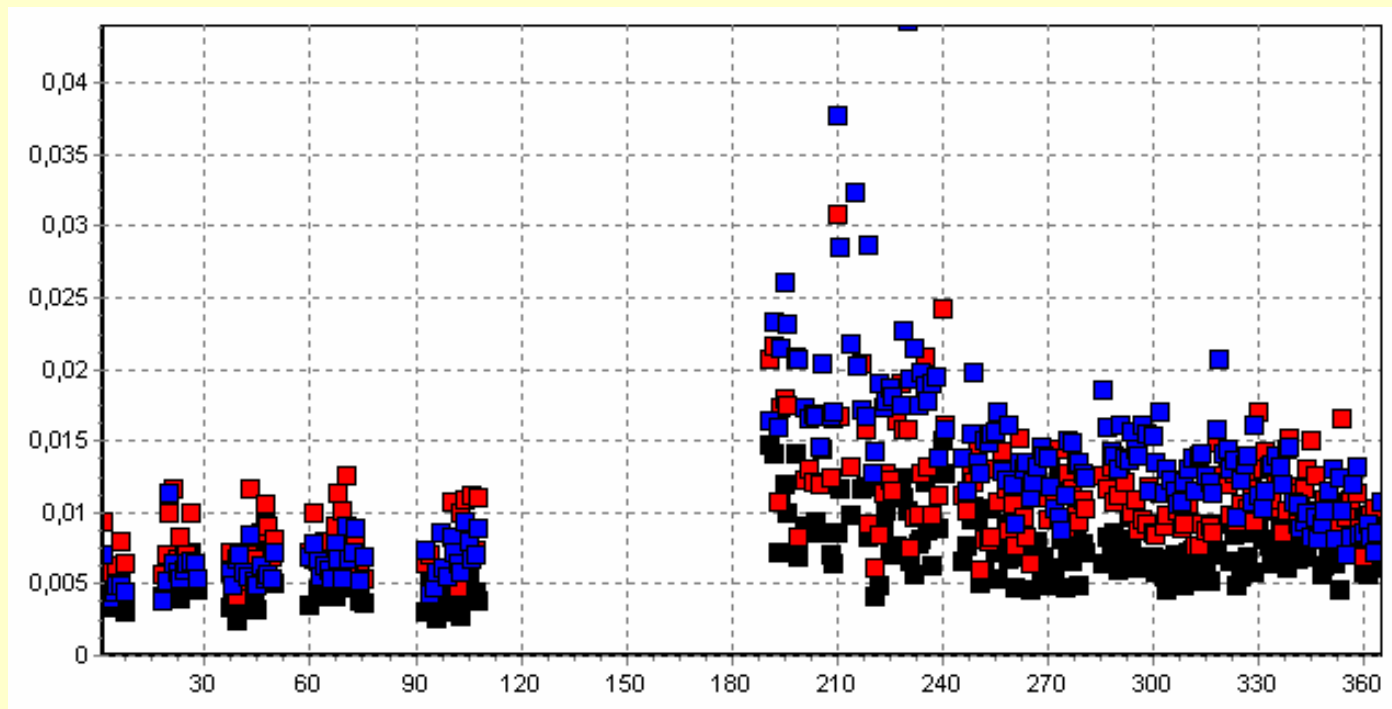
$$I_{RS}^{Asia} = \frac{1}{12} \cdot \sum_{t=0}^{11} I_t^{NS}$$

$$I_{RS}^{Africa} = \frac{1}{12} \cdot \sum_{t=10}^{21} I_t^{EW}$$

$$I_{RS}^{America} = \frac{1}{12} \cdot \sum_{t=12}^{23} I_t^{NS}$$



Centra burzowe



2005

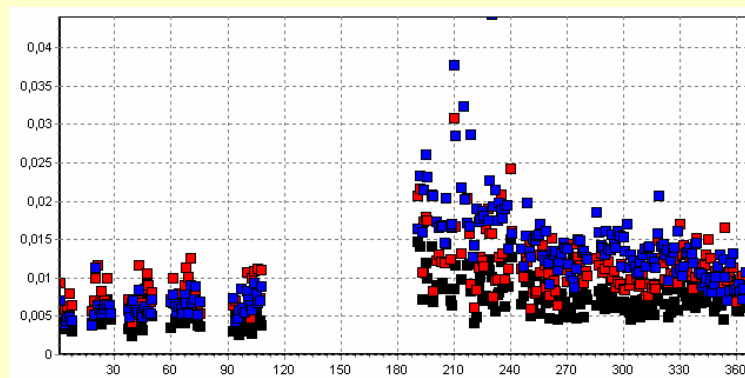
Azja

Afryka

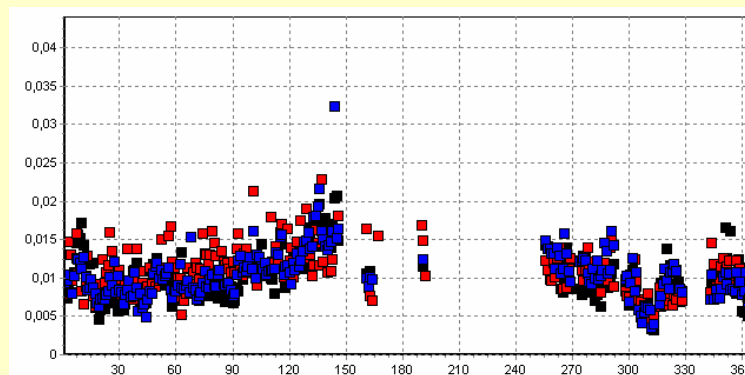
Ameryka

Centra burzowe

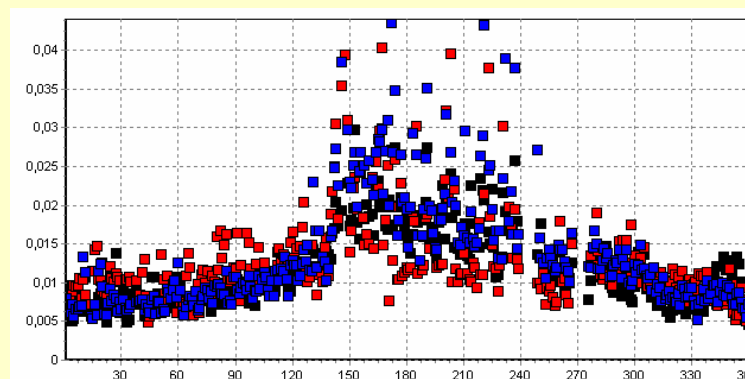
Azja
Afryka
Ameryka



2005

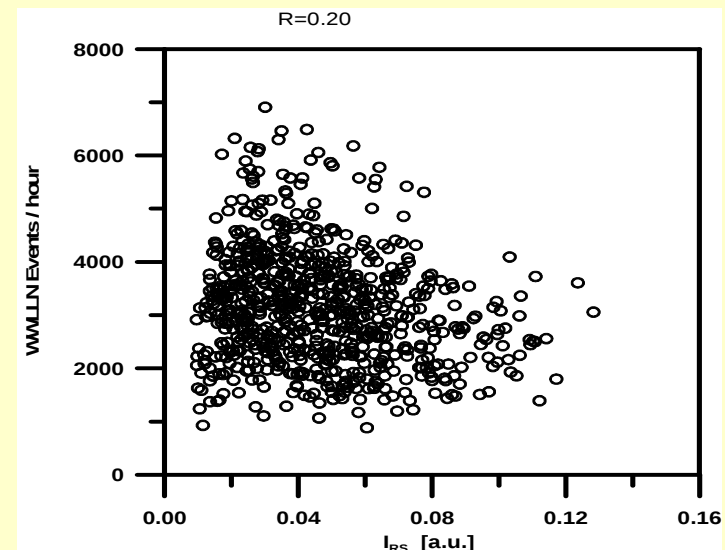
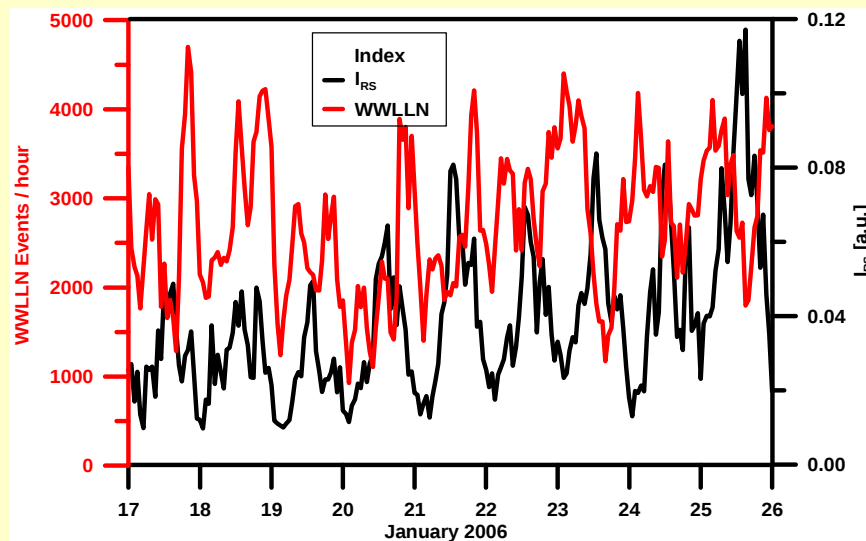
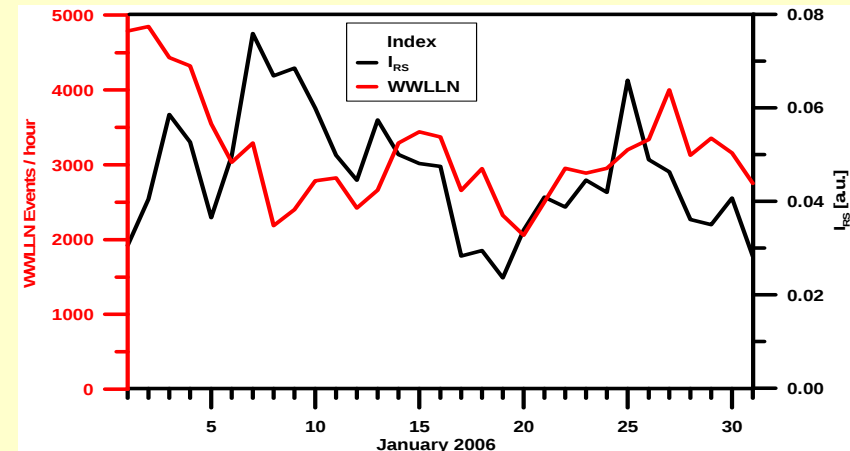
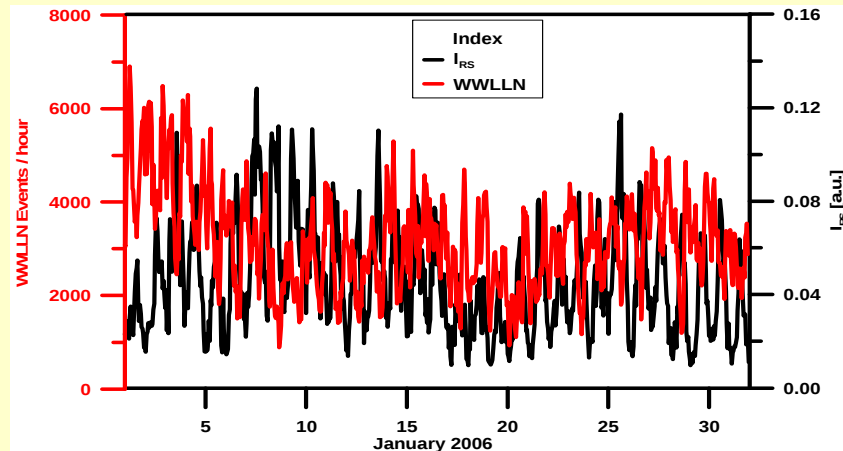


2006



2007

Porównanie WLLN(VLF) I_{RS} (ELF)



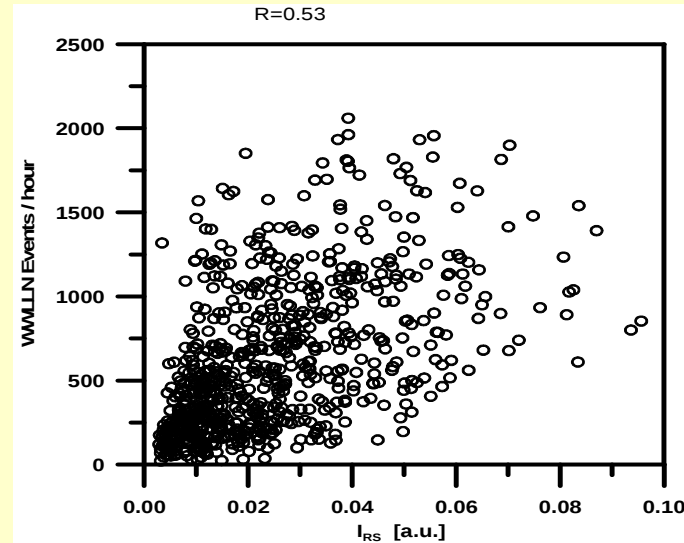
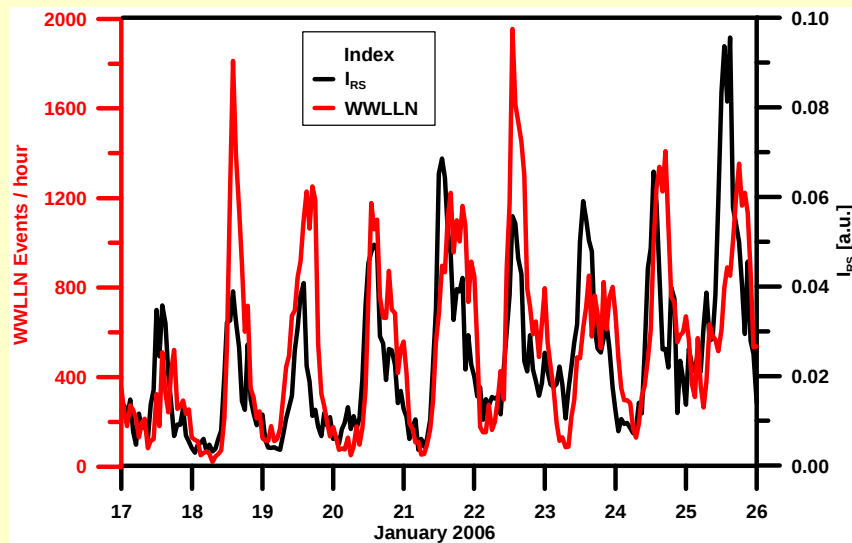
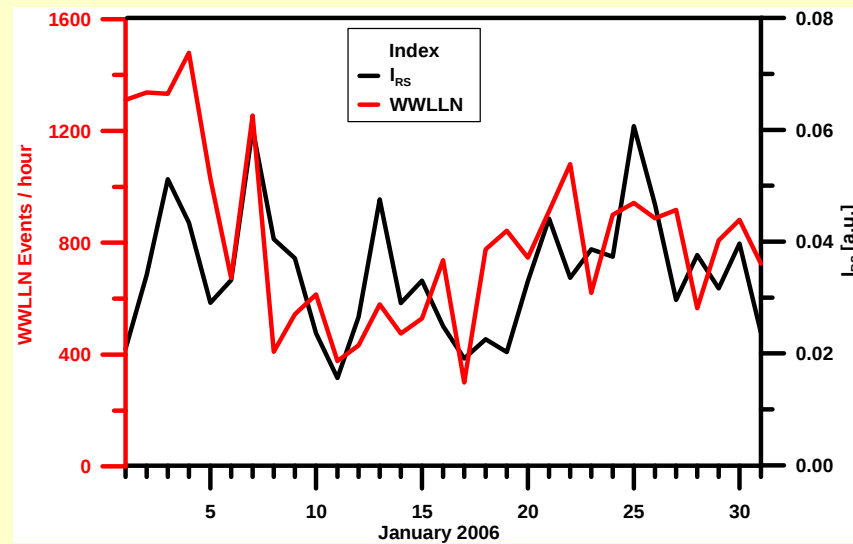
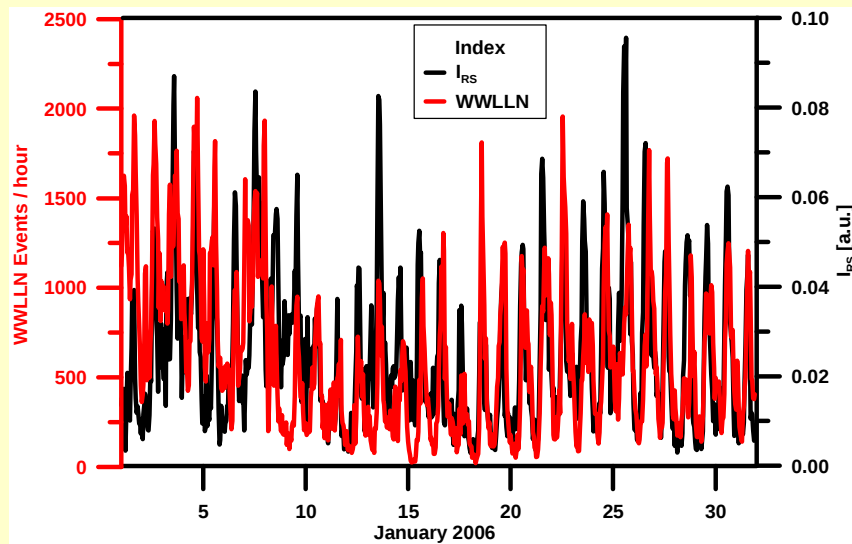
Dziękuję za udostępnienie danych Panu

Prof. dr ROBERT HOLZWORTH, (bobholz@u.washington.edu)

Department of Earth and Space Sciences, University of Washington, Seattle, Washington

Porównanie (Afryka)

WWLLN(kHz) I_{RS} (ELF)



WWLLN
Selekcja
(-20W +50E)

I_{RS}
Antena EW

Jaką wielkość fizyczną reprezentuje indeks I_{RS}



Indeks I_{RS} jest proporcjonalny do sumarycznego momentu ładunku $Q \cdot L$ [C*m] zrzuconego na kierunek pionowy (od wszystkich typów wyładowań atmosferycznych zachodzących na całym globie).

Jaką informację dostarczają inne systemy (PERUN, LIS, WWLLN)?

Informacja szczegółowa o pojedynczych wyładowaniach.
Ewidencja dużych wyładowań.

Korelacja indeksu I_{RS} z innymi parametrami

Parametry uzyskane przez inne systemy detekcji PERUN/LIS/WWLLN

Zachmurzenie

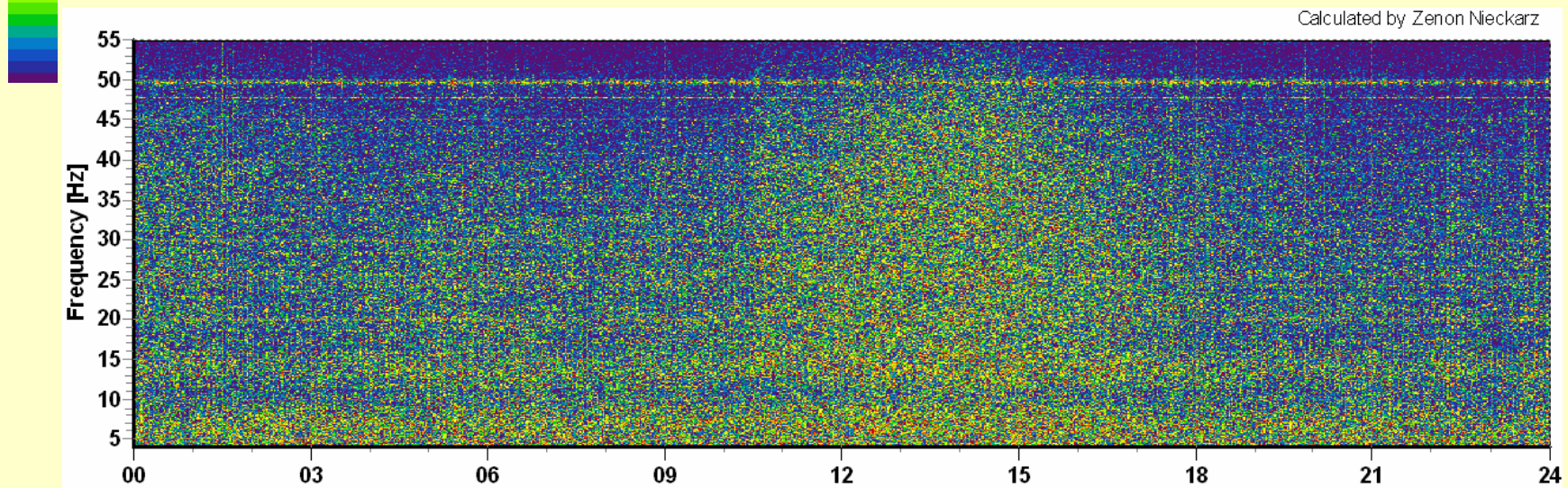
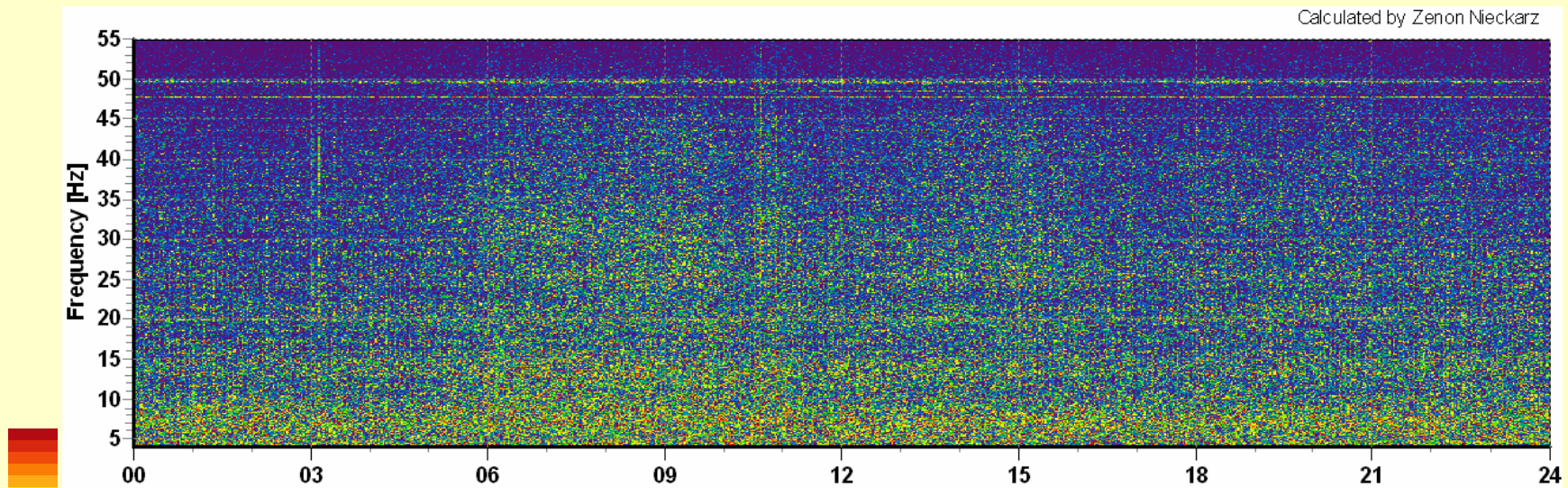
Ilość dużych układów niżowych

Temperaturą

Zawartością pary wodnej w atmosferze

Jak wysokiej korelacji możemy się spodziewać
w poszczególnych przypadkach?

05-12-2005 / Hylaty ELF sygnał



A photograph of a waterfall cascading over rocks in a dense forest. The water is white and turbulent as it flows over dark, wet rocks. The surrounding area is lush with green foliage, including ferns and various trees. The scene is captured from a slightly elevated position, looking down at the waterfall. The text "Dziękuję za uwagę" is overlaid in the upper right quadrant of the image.

Dziękuję za uwagę