

Modelowanie ziemskiego Globalnego Atmosferycznego Układu Elektrycznego – od projektu CAL do EGATEC

Anna Odzimek

Radio and Space Plasma Physics Group

Department of Physics and Astronomy, University of Leicester, UK

ao64@ion.le.ac.uk

XIII Spotkania Bieszczadzkie

“Pola ULF/ELF na Ziemi i w przestrzeni kosmicznej”

Dworniczek, 17–20 czerwca 2008

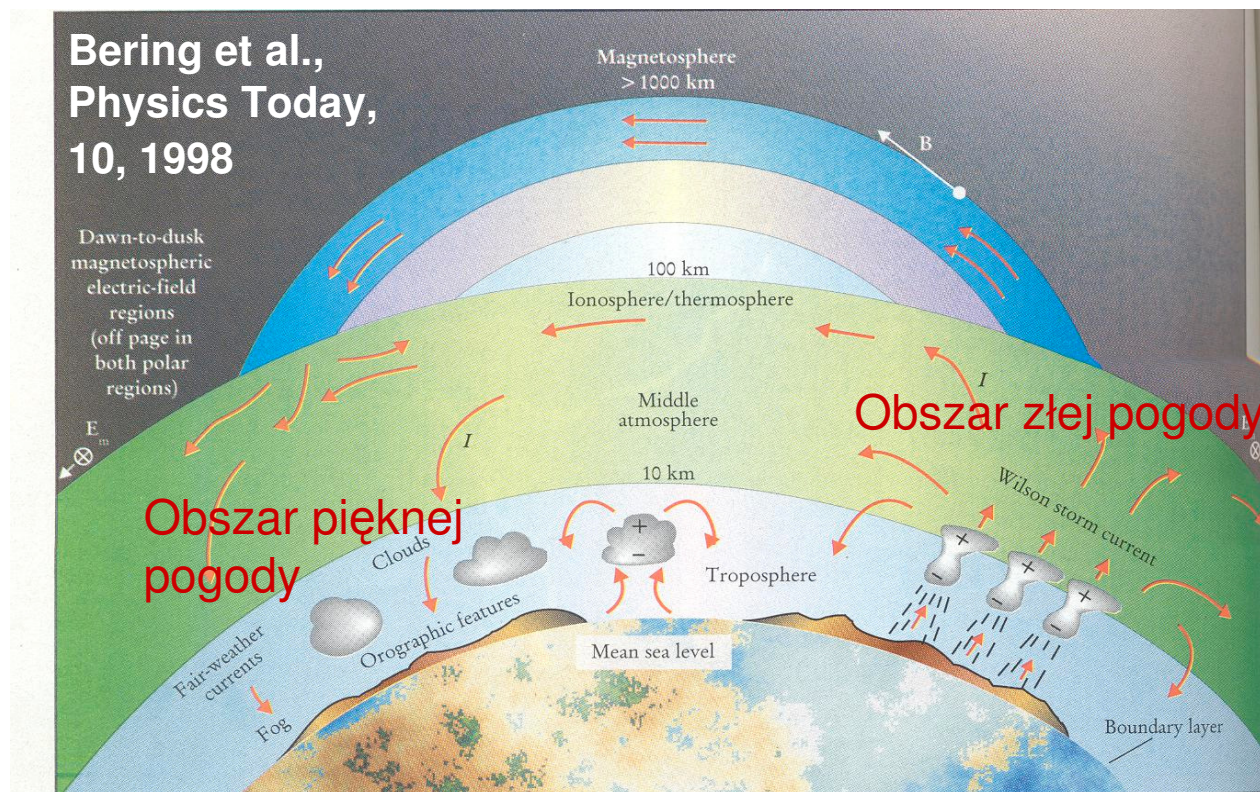
Ta praca jest sponsorowana przez grant EC PERG-GA-2007-203298

Globalny Atmosferyczny Układ Elektryczny

Globalny atmosferyczny układ elektryczny dc (GEC, GAEC) –
ogół procesów wytwarzających efekty dc - pola elektryczne i prądy w skali
globalnej oraz struktura tych pól i przepływu prądów

Warunki istnienia:

- ✓ Mechanizmy separacji ładunku elektrycznego
- ✓ Istnienie cząsteczek polarnych, utrzymujących ten ładunek
- ✓ Istnienie dobrze przewodzącej górnej i dolnej warstwy
- ✓ Naładowane ruchliwe cząstki niosące prąd elektryczny



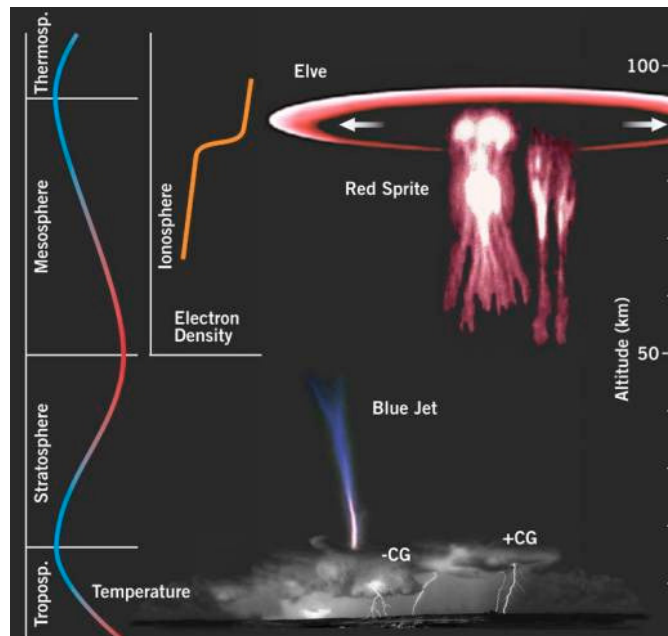
K. Aplin,
Surv. Geophys., 2006

GEC – podstawowe zmienne

Zmienna GEC	Rząd wielkości	Uwagi
Rezystancja kolumny powietrza	$10^{-13} \text{ m}^2\text{Ohm}$	produkcja jonów, wpływ aerozoli
Rezystancja obszaru pięknej pogody	250 Ohm	Okolo 98% powierzchni Ziemi
Potencjał Ziemia-jonosfera	+250 kV	
Prąd Ziemia-jonosfera	1 kA, gęstość: 10^{-12} A/m^2	
Gradient potencjału/ Pole elektryczne przy gruncie	130 V/m Dodatni/Ujemne (skierowane w dół)	
Zmienność	Raczej umiarkowana, zmiany sezonowe i roczne oraz nieregularne	

EU WP5 RTN „Coupling of Atmospheric Layers” - CAL: Oct 2002-2006

<http://www.dsri.dk/cal/>



Neubert, Science, 2 May 2003

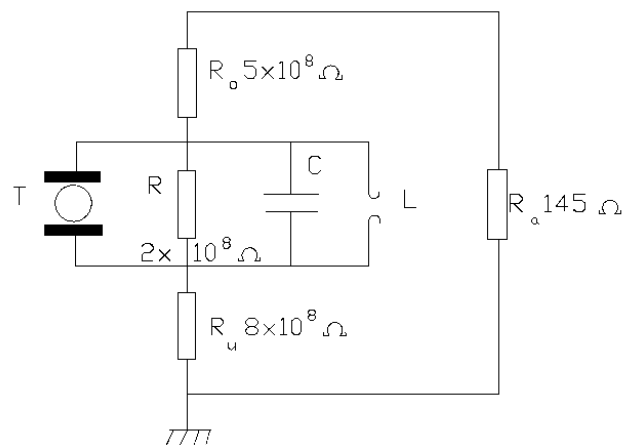
CAL WorkPackage 8: TLEs w GEC:

- Does the sprite-associated increased conductivity of the mesosphere change the local ionospheric potential?
- How does the ionosphere respond?
- Is there likely to be an observable effect on the fair weather electric field?
- What are the characteristic time scales of all the changes?
- In what ways are sprites significant phenomena in the global electric circuit?
- Can a realistic computer model be created to simulate these phenomena?

„Burza w GEC” - wcześniejsze reprezentacje elektryczne

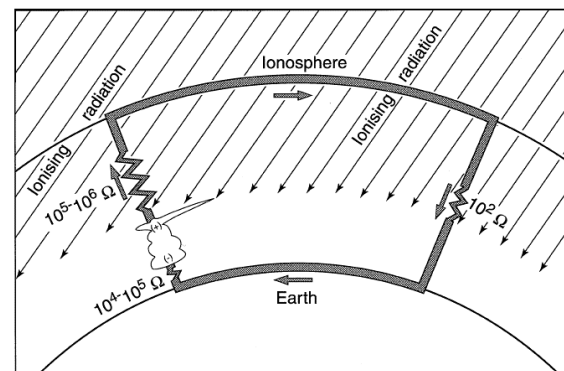
Kasemir, 1965

Kasemir H., 1965, Problems in Atmosph. and Space Electr., Ed. S.C. Coroniti, Elsevier Publ. Co, Amsterdam, 215.



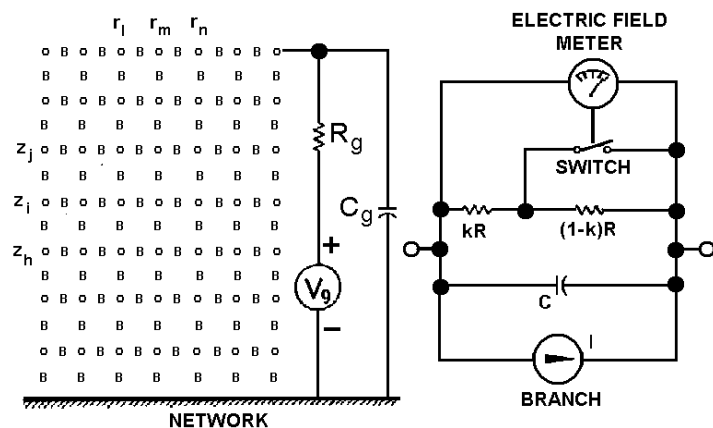
Markson, 1978

Markson R., 1978. Nature, 273, p. 105



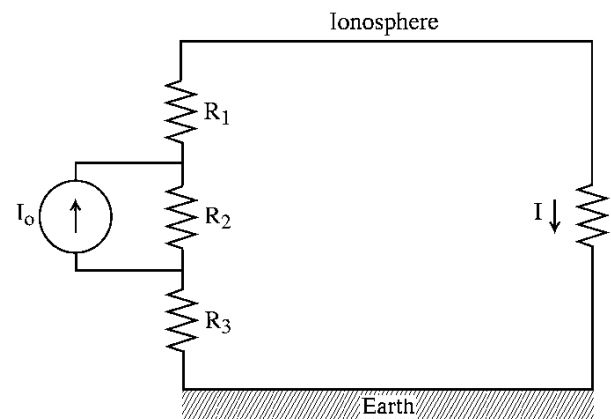
Nisbet, 1983

Nisbet, 1988. J. Geophys. Res., 40, p.2858



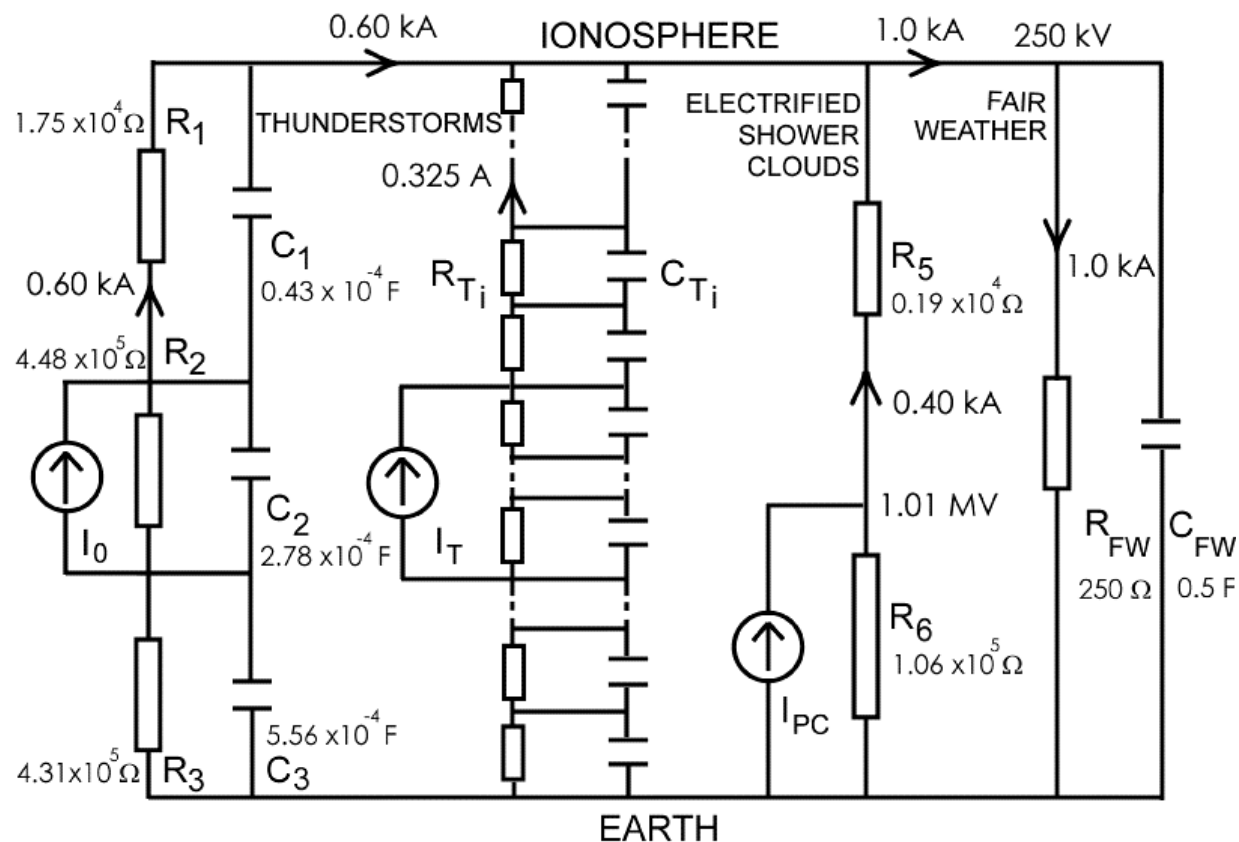
Makino and Ogawa, 1984

Makino M. and Ogawa T., 1984. J. Atmos. Terr. Phys. 46(5), p.434



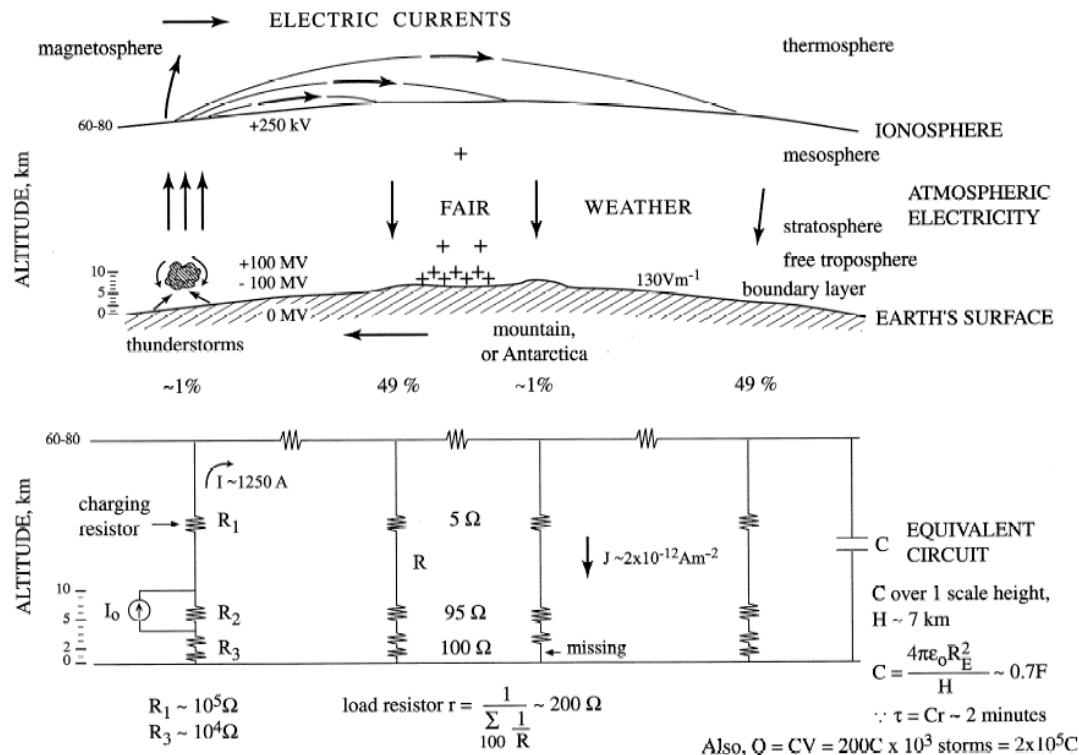
CAL: „Burza w GEC” - reprezentacja w PSpice

Rycroft et al., JASTP, 2007



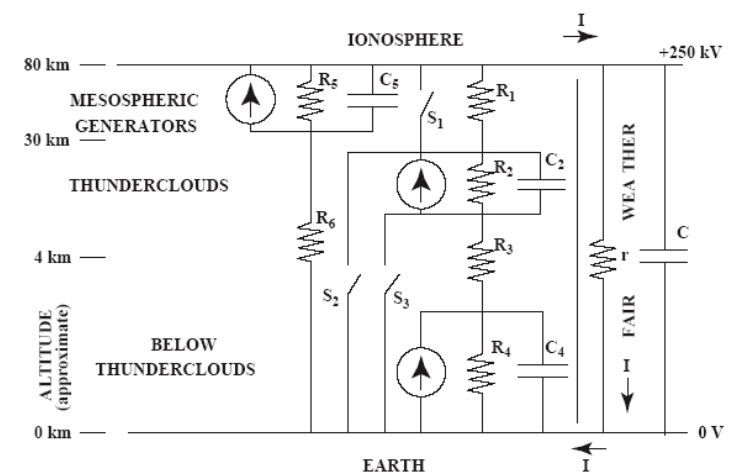
PSpice wydaje się pomocny nie tylko do modelowania „burzy w GEC” – dlaczego nie modelować całego układu?

Reprezentacje elektryczne GEC (1)

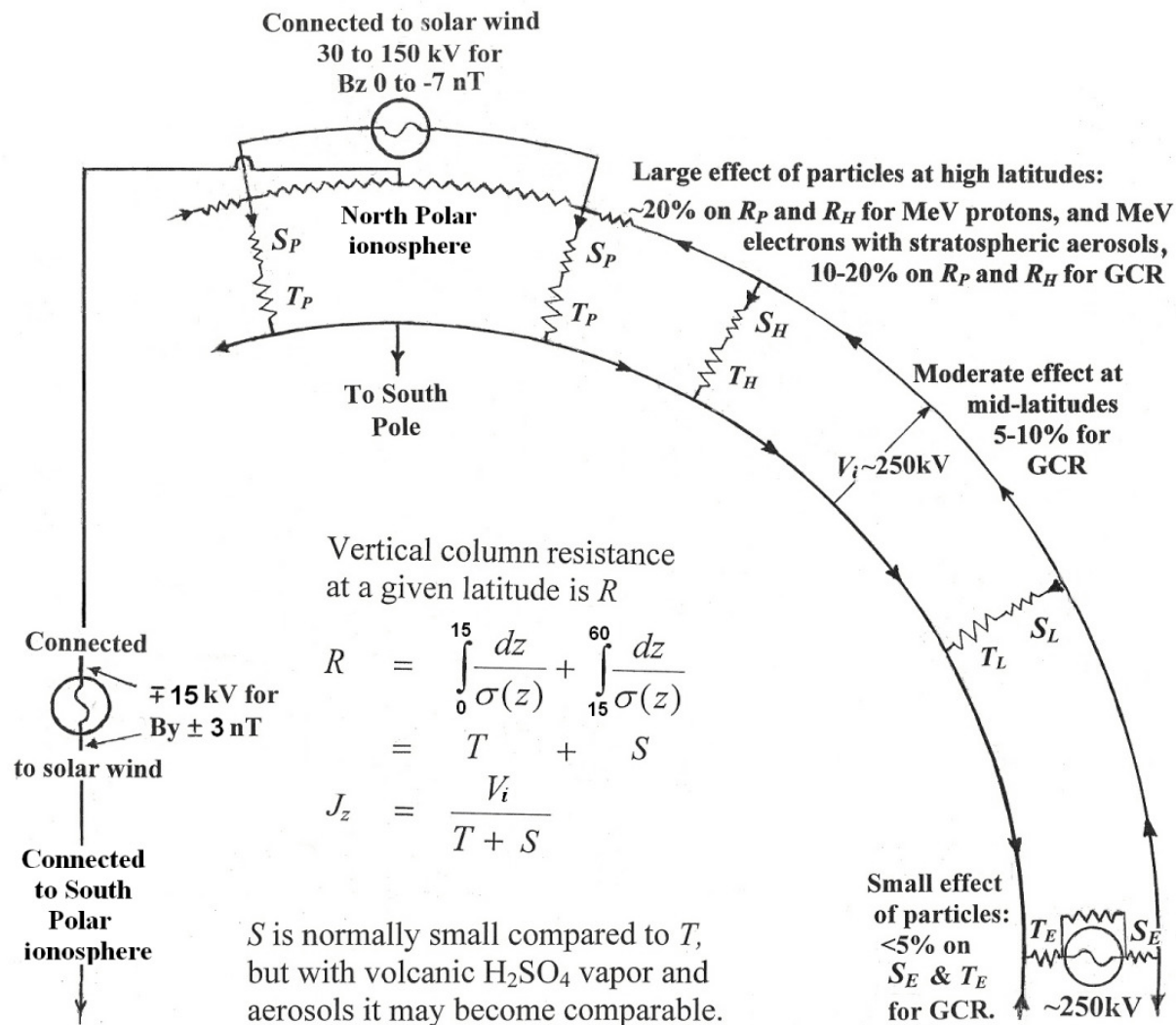


Rycroft et al., JASTP, 2000, Fig. 5

Rycroft, JASTP, 2005



Reprezentacje elektryczne GEC (2)



EU WP7 ERG „Engineering model of the Global Atmospheric Electric Circuit” - EGATEC: Oct 2007-2009

Podstawowe cel: Zbudować realistyczny model ziemskiego globalnego układu elektrycznego, który:

- ☐ Prawidłowo identyfikuje procesy wpływające na układ i wielkość pól i prądów elektrycznych w atmosferze i wyznacza wkład tych procesu.
- ☐ Korzysta z nowych dostępnych modeli i pomiarów różnych związanych ze zjawiskiem zmiennych.
- ☐ Potrafi wyznaczyć stan układu (pola i prądy) w danym czasie i punkcie przestrzeni oraz np. zsyntetyzować krzywą Carnegie, zmiany sezonowe i długoterminowe jak również umożliwić analizę parametryczną lub analizę szczególnych sytuacji.
- ☐ Jest prawidłowym połączeniem do układu „burza w GEC”
- ☐ Stwarza platformę do modelowania atmosferycznych układów elektrycznych na innych planetach.
- ☐ Może w przyszłości być ogólnodostępny.

Lepszy model GEC: Rozkład przestrzenny zmiennych układu

Źródła/siły:

- ❑ Niskie i średnie szerokości (geograficzne): rozkład chmur burzowych i chmur z opadem
- ❑ Wysokie szerokości (magnetyczne): np. różnica potencjału w poprzek czaszy polarnej

Elementy pasywne:

- ❑ Profil przewodności
- Wpływ chmur
- Wpływ topografii
- Różnice dzień-noc
- ❑ Problemy ogólne: rozdzielczość przestrzenna

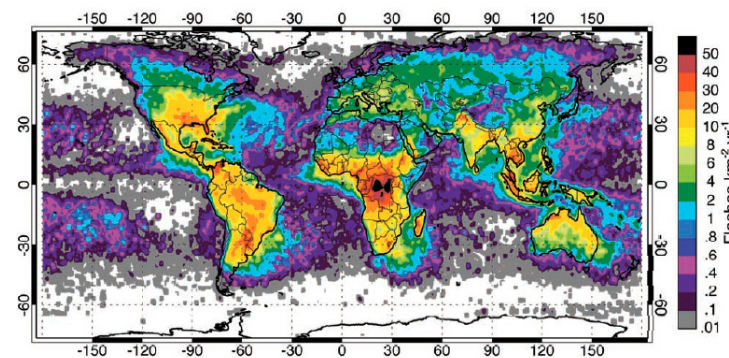
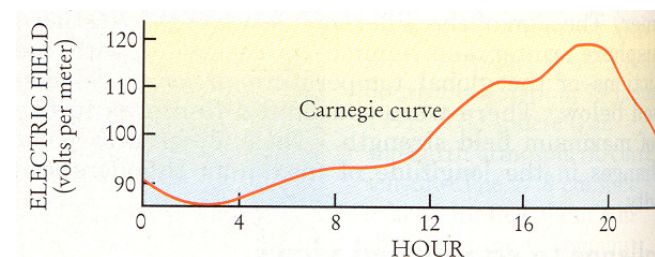


Figure 4. The annualized distribution of total lightning activity (in units of $\text{fl km}^{-2} \text{yr}^{-1}$).

Christian et al., 2004: Satellite OTD data



Lepszy model GEC – wdrażanie nowych danych i nowych zmiennych

Źródła/Siły:

- Niskie szerokości geograficzne - aktywność burzowa – z pomiarów EM i obserwacji satelitarnych
- Chmury – obserwacje satelitarne
- Wysokie szerokości geomagnetyczne: potencjał czaszy polarnej – technika radarów koherentnych (system SuperDARN)

Elementy bierne:

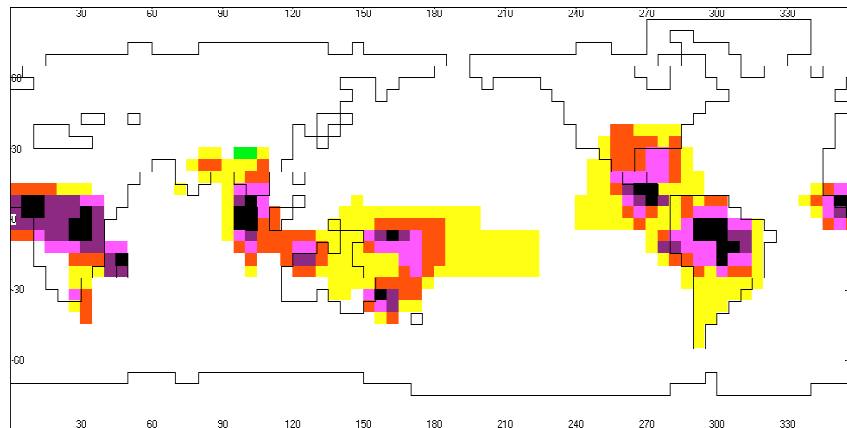
- Profile przewodności – użycie dostępnych modeli jonosferycznych, atmosferycznych oraz pomiarów

Testowanie modelu:

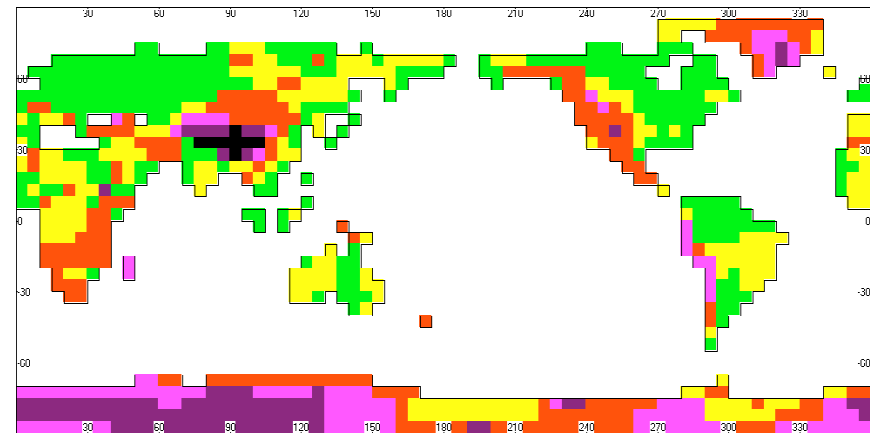
- Obserwacje zmiennych elektrycznych

Pierwsze symulacje w PSpice – siatka 5°x5° model Makino and Ogawa 1984

Przestrzenny rozkład burz



Topografia

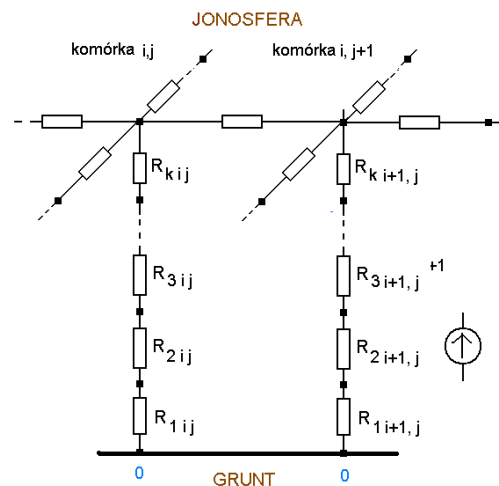


Jonosfera ekwipotencjalna:

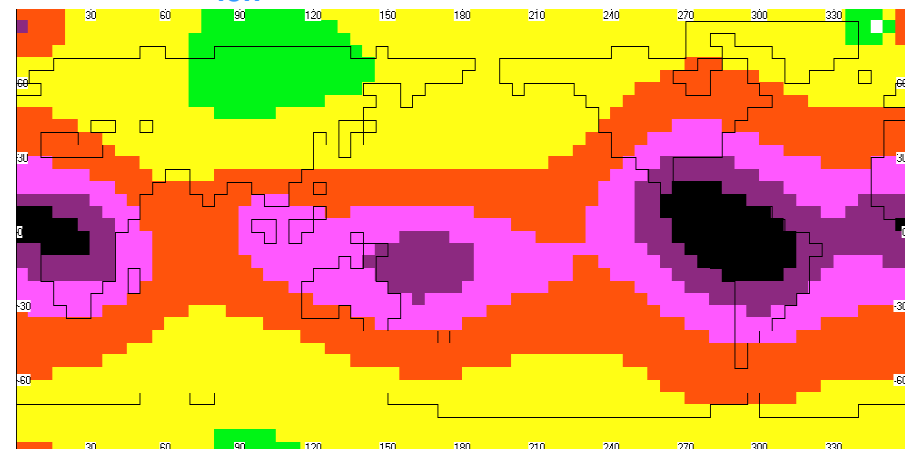
$$V_{ion} = 312 \text{ kV}$$

$$I_{fw} = 1.33 \text{ A}$$

$$R_{fw} = 235 \text{ } \Omega$$

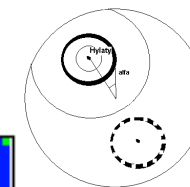
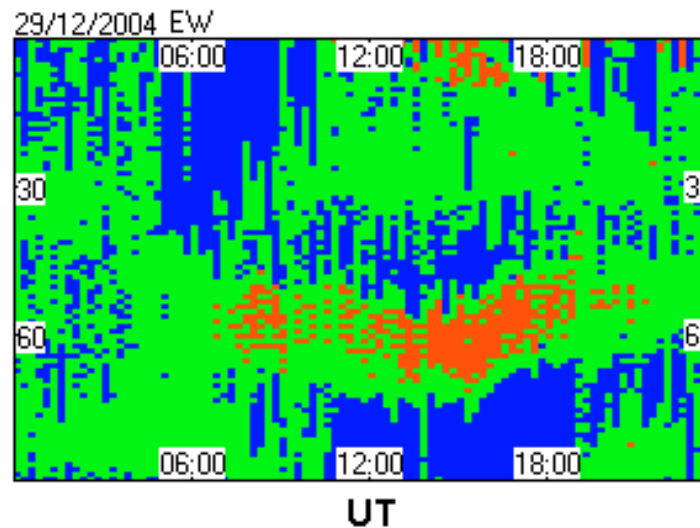
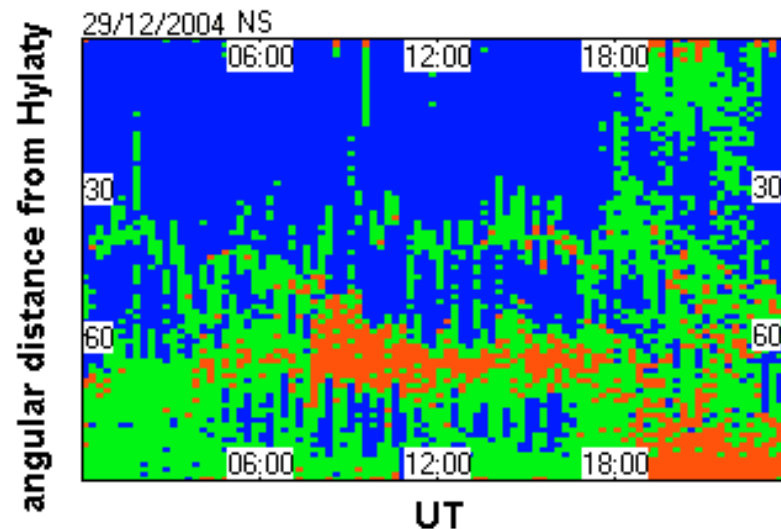


Wynik z nie-ekwipotencjalną jonosferą: $280 \text{ kV} < V_{ion} < 330 \text{ kV}$

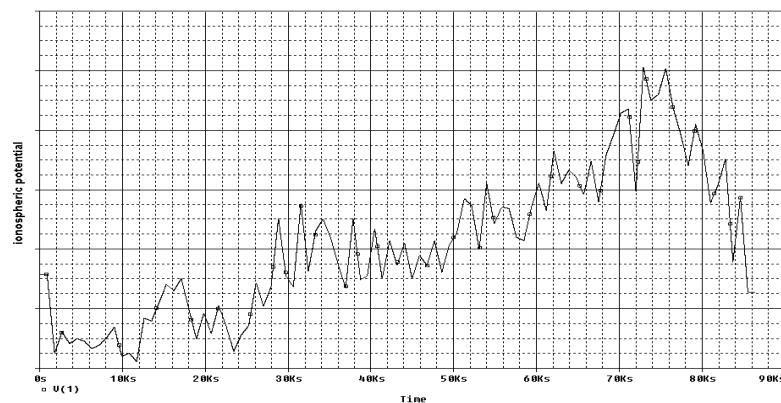


Lepszy model GEC: zmiany czasowe zmiennych układu

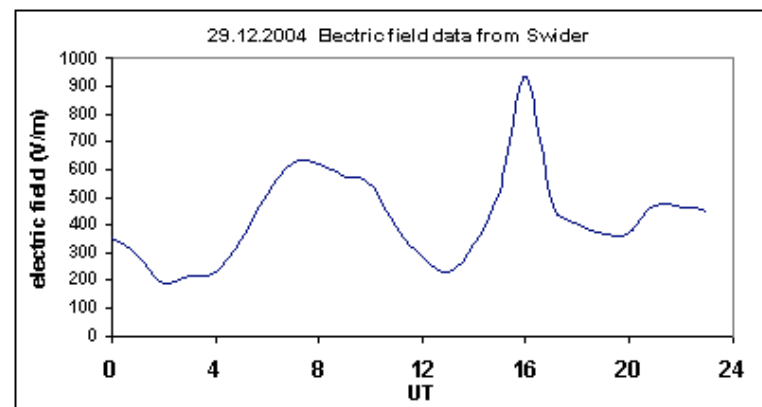
Mapy globalnej aktywności burzowej (wokół Hylatego) – Z.Nieckarz



Przebieg dobowej zmienności potencjału jonosfery (ekwipotencjalnej)



Pole elektryczne mierzone w Świdrze:



Teraźniejszość i przyszłość EGATECa

- ❑ Podstawowa struktura układu utworzona i program do tworzenia pliku wejściowego PSpice'a i obsługi plików wyjściowych (wraz z wizualizacją).
- ❑ Nie dopracowane procedury modelowania źródeł burzowych i deszczowych (przełożenie na konkretne źródła prądu) oraz niewiadome w profilu przewodnictwa elektrycznego
- ❑ Program na razie działa pod Windows (bo pracuję z wersją PSpice pod Windows), może trzeba pomyśleć o przeniesieniu wszystkiego na platformę Linux-ową.
- ❑ To dopiero początek – jest jeszcze dużo do zrobienia, aby:

Lepszy model GEC = EGATEC

Zapraszam do współpracy!