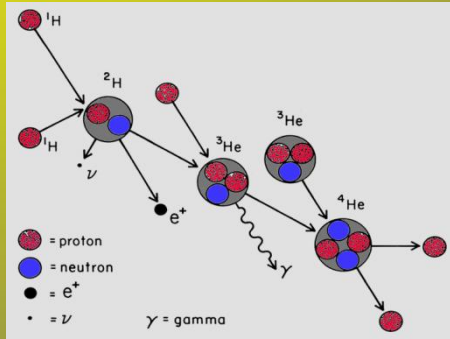
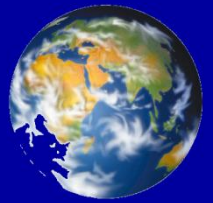


Od centrum Słońca do zmian klimatycznych na Ziemi



Źródło energii słonecznej

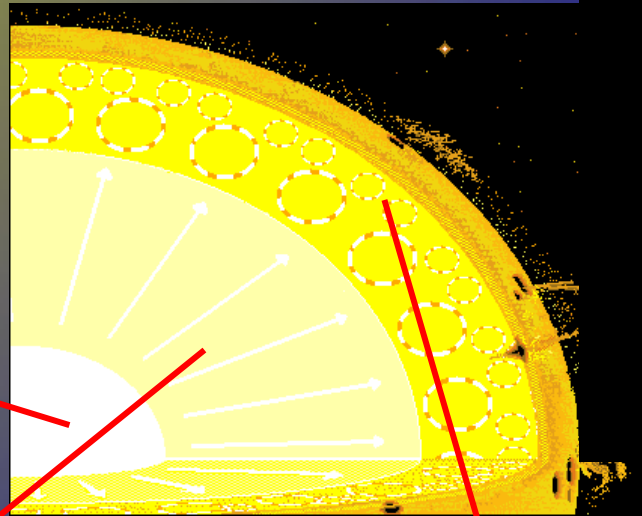


600 mln ton wodoru zamienia się w hel w każdej sekundzie

4 mln ton jest przekształcane w energię: $3.6 \cdot 10^{26}$ W

Ciągłe rozpraszanie, pochłanianie i emisja – coraz mniejsze energie kwantów

Bardzo powolna wędrówka:
200 000 lat zamiast 2.7 sekundy



W odległości około 0.7 R od środka transport promienisty przestaje być wystarczająco efektywny

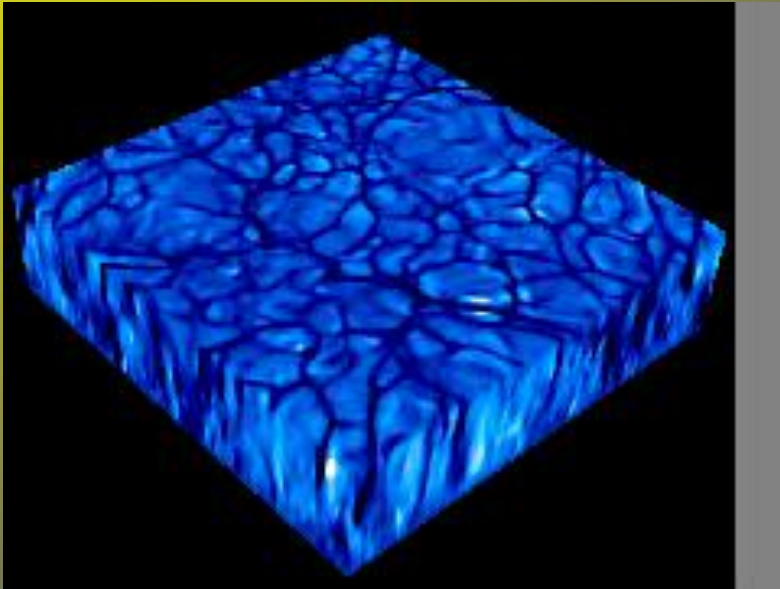
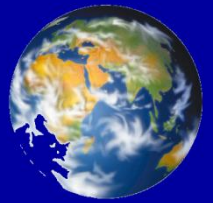
Pojawia się konwekcja

Wraz z pionowymi ruchami plazmy unoszone jest pole magnetyczne

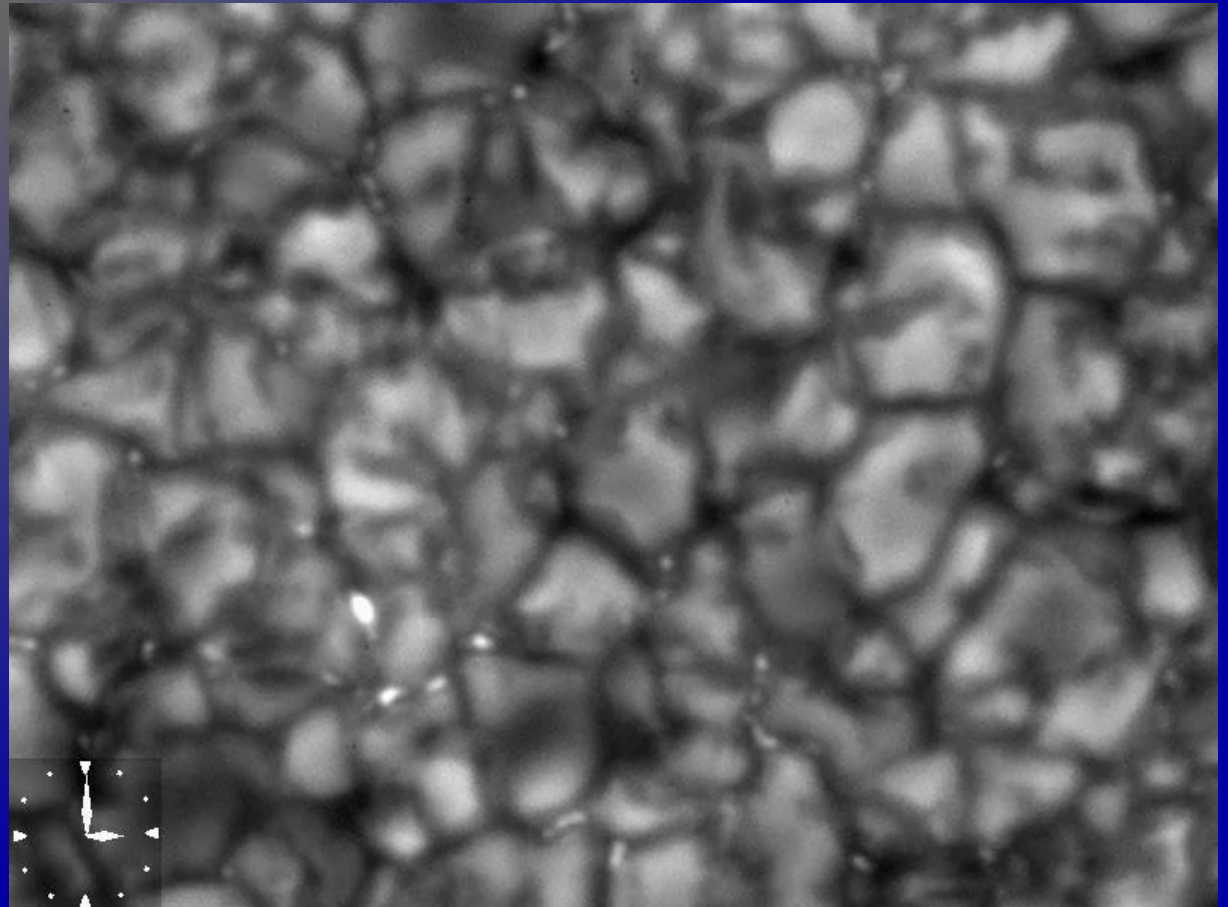




Warstwa konwekcyjna



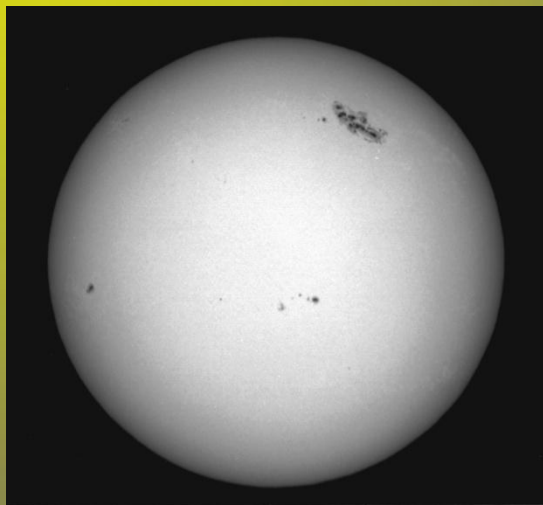
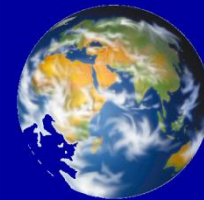
**Komórki konwekcyjne na
powierzchni
Słońca – granulacja**



HINODE/SOT



Atmosfera Słońca



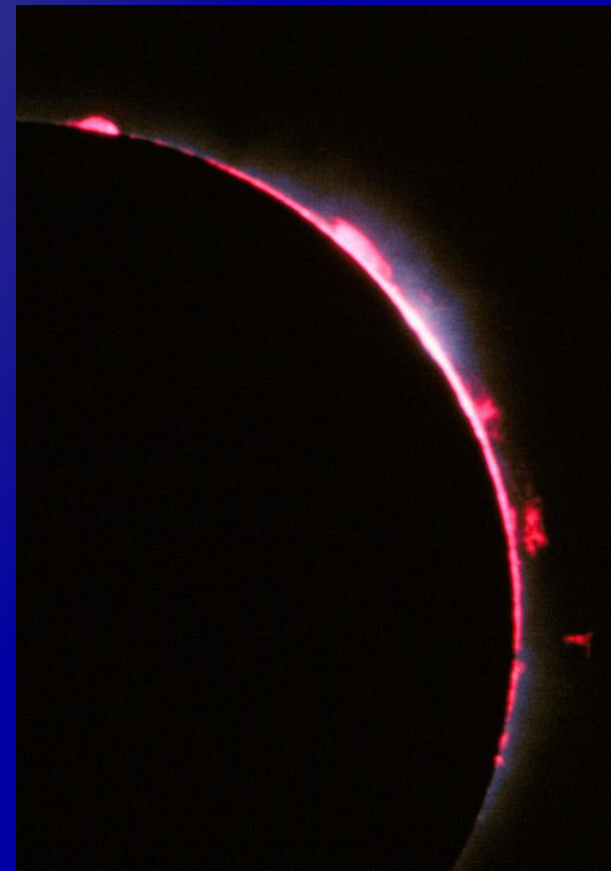
FOTOSFERA

„powierzchnia” Słońca
temperatura około 5800 K
widoczna granulacja i plamy

CHROMOSFERA

łac. *chroma* – barwa

widoczna podczas zaćmień jako czerwona otoczka
niewielka grubość rzędu kilku tysięcy kilometrów



KORONA

powyżej 1 mln K
w świetle białym widoczna podczas zaćmień lub przy użyciu koronografu
w zakresie UV i X jest najjaśniejszą warstwą atmosfery Słońca





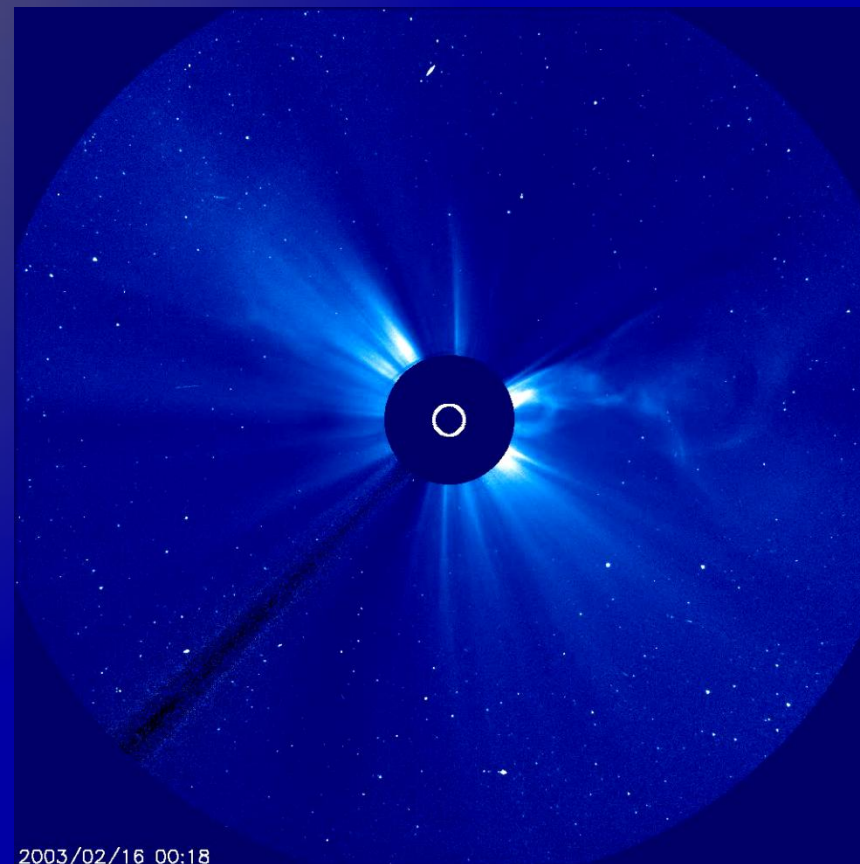
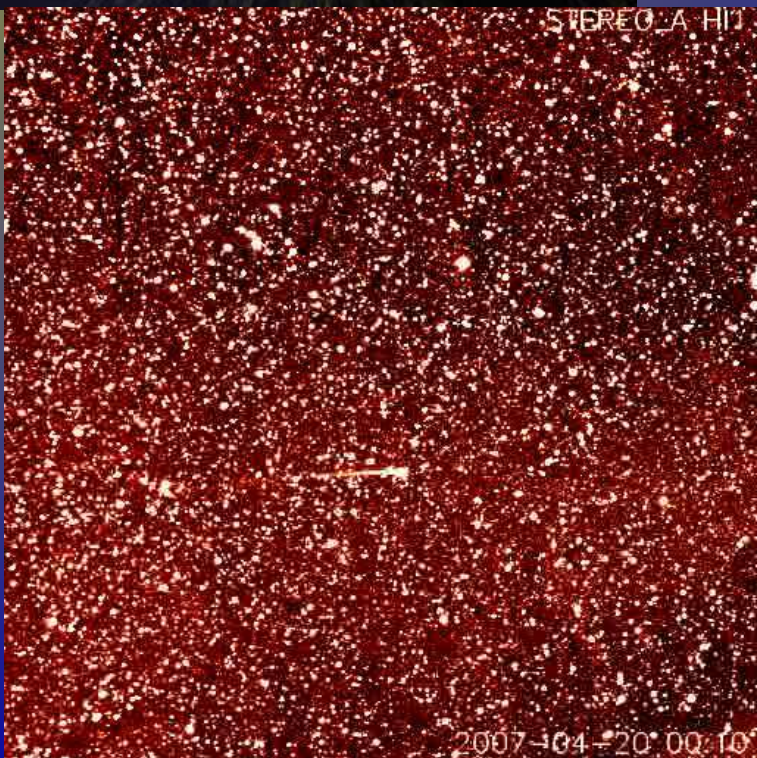
Wiatr słoneczny



W okolicach Ziemi:

prędkość 200 – 800 km/s

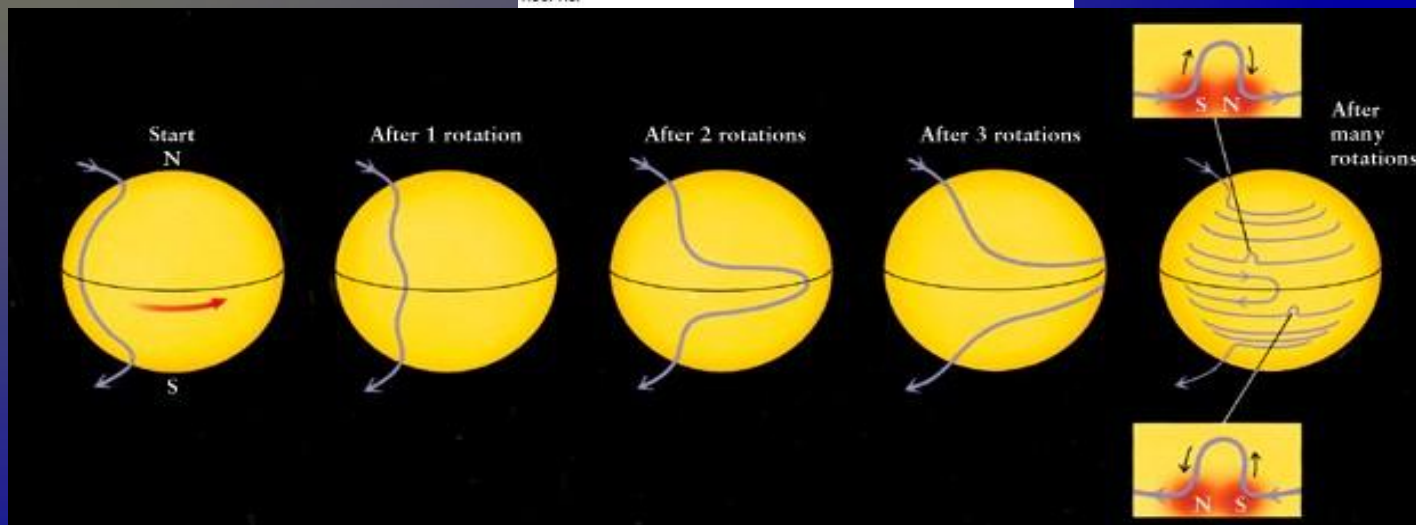
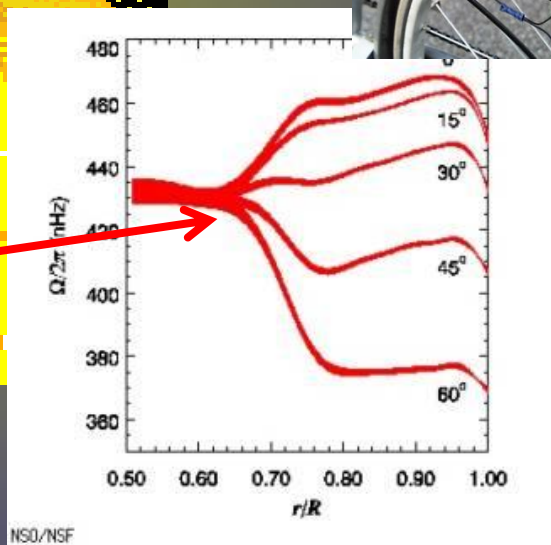
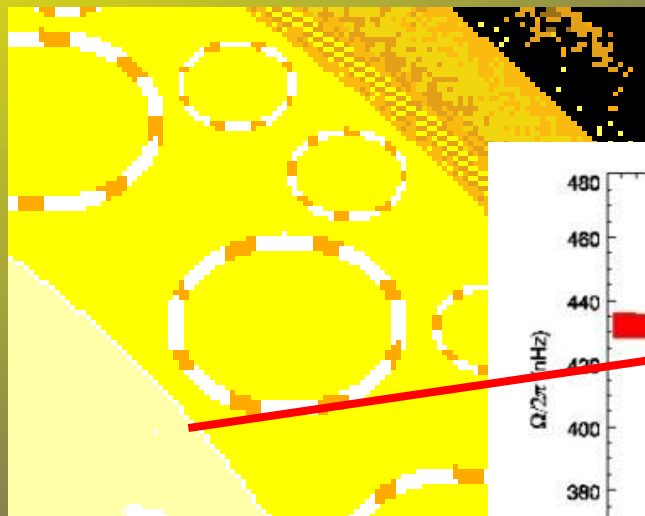
gęstość kilka-kilkanaście cząstek/cm³



2003/02/16 00:18



Tachoklina i dynamo słoneczne

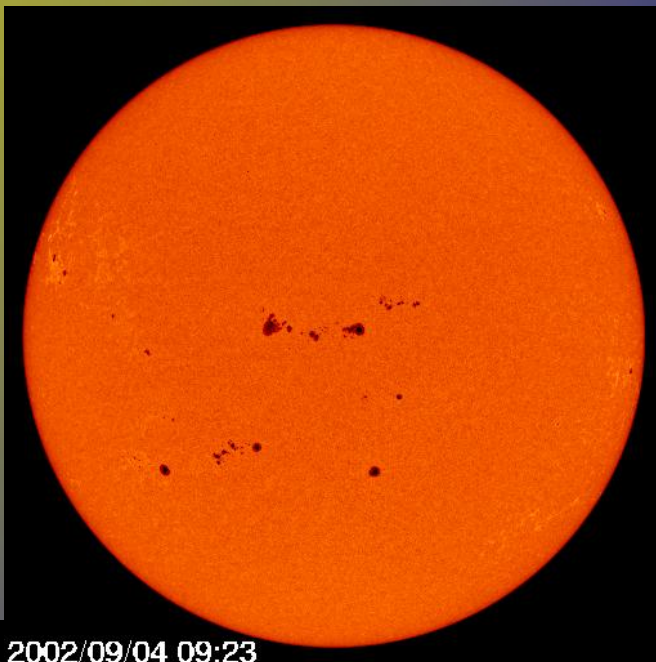
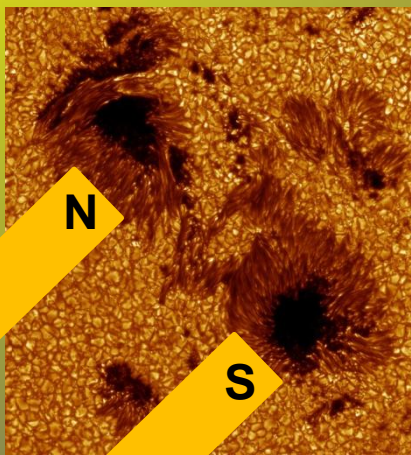


**Rotacja różnicowa Słońca
wzmacnia pole
magnetyczne wewnątrz,
a komórki konwekcyjne
wynoszą na powierzchnię**

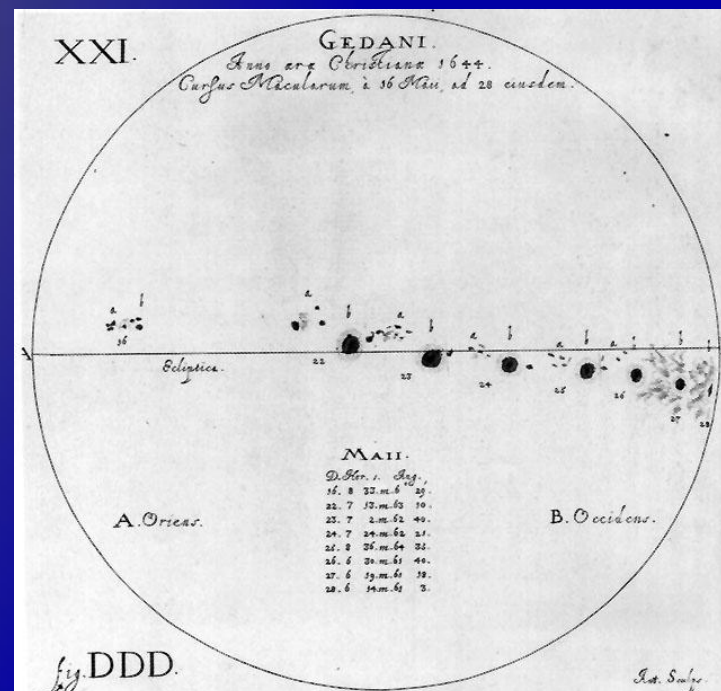
**W miejscach wypływu
pola magnetycznego
obserwowane są plamy.**



Plamy słoneczne



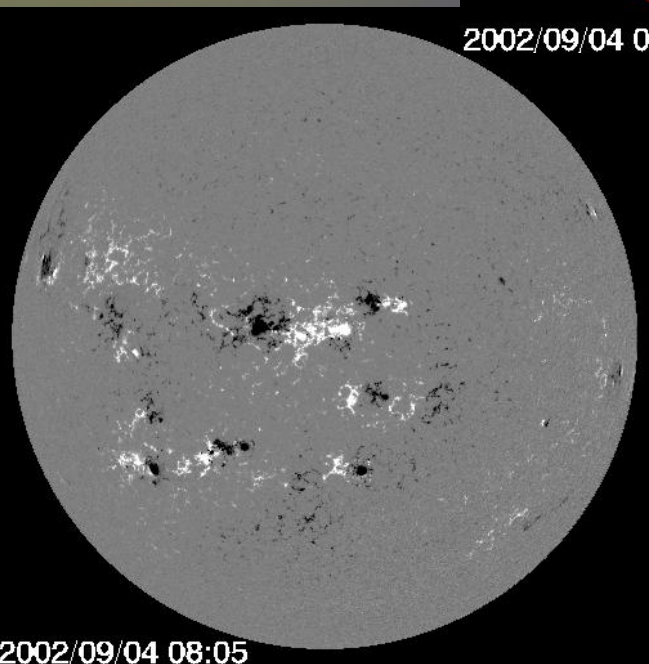
2002/09/04 09:23



Obserwowane przez starożytnych
Chińczyków

Sporo obserwacji plam wykonanych
ok. 1000 – 1200 r. – okres wyjątkowo
silnej aktywności Słońca

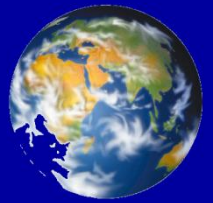
ok. 1610 pierwsze obserwacje
za pomocą lunety



2002/09/04 08:05



Plamy Słoneczne

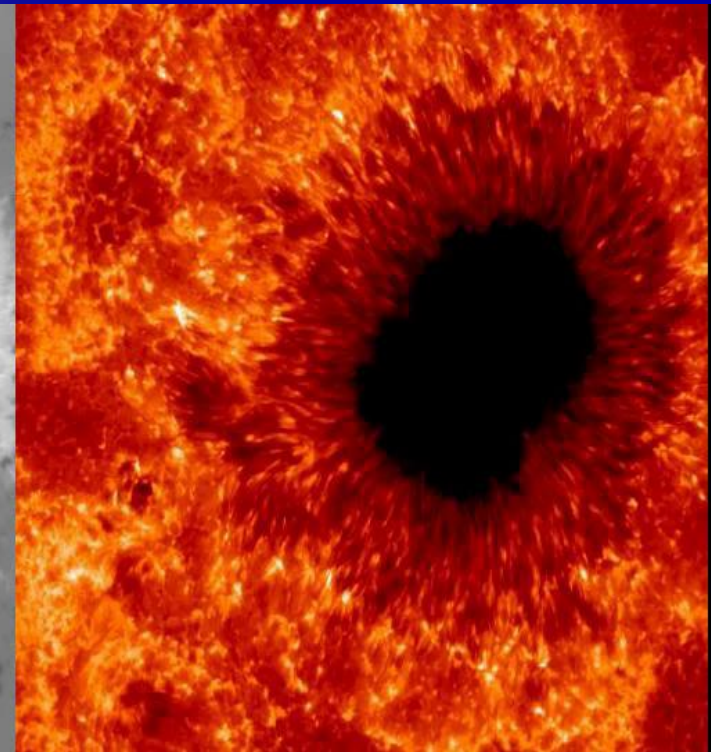
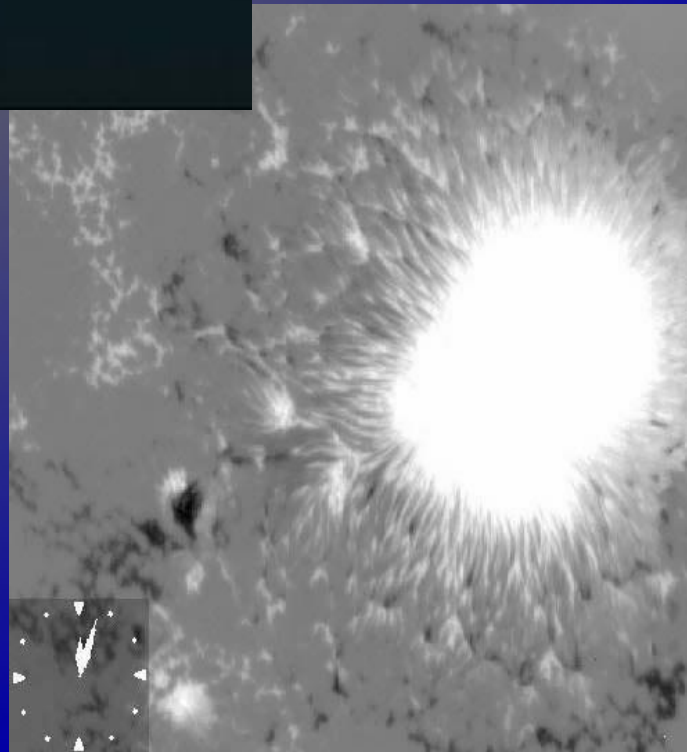


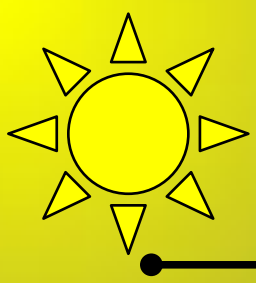
Typowe rozmiary plamy: średnica od 4 000 km do 30 000 km (czasem nawet 60 000 km)

Temperatura: o 1000-1500 K niższa od temperatury powierzchni Słońca (5778 K)

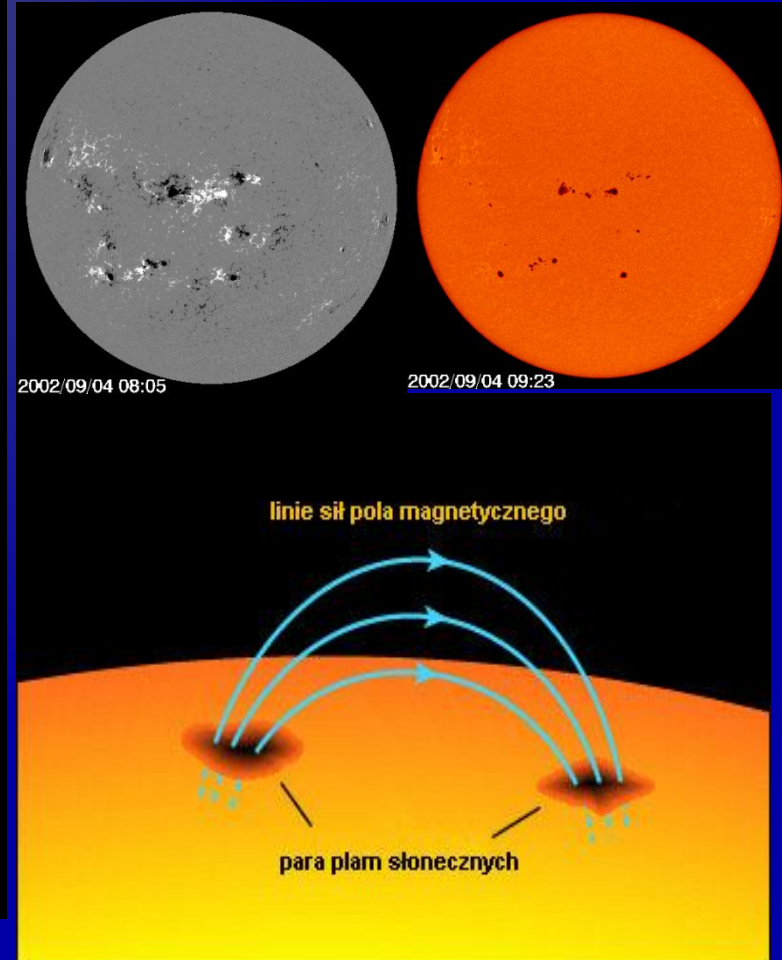
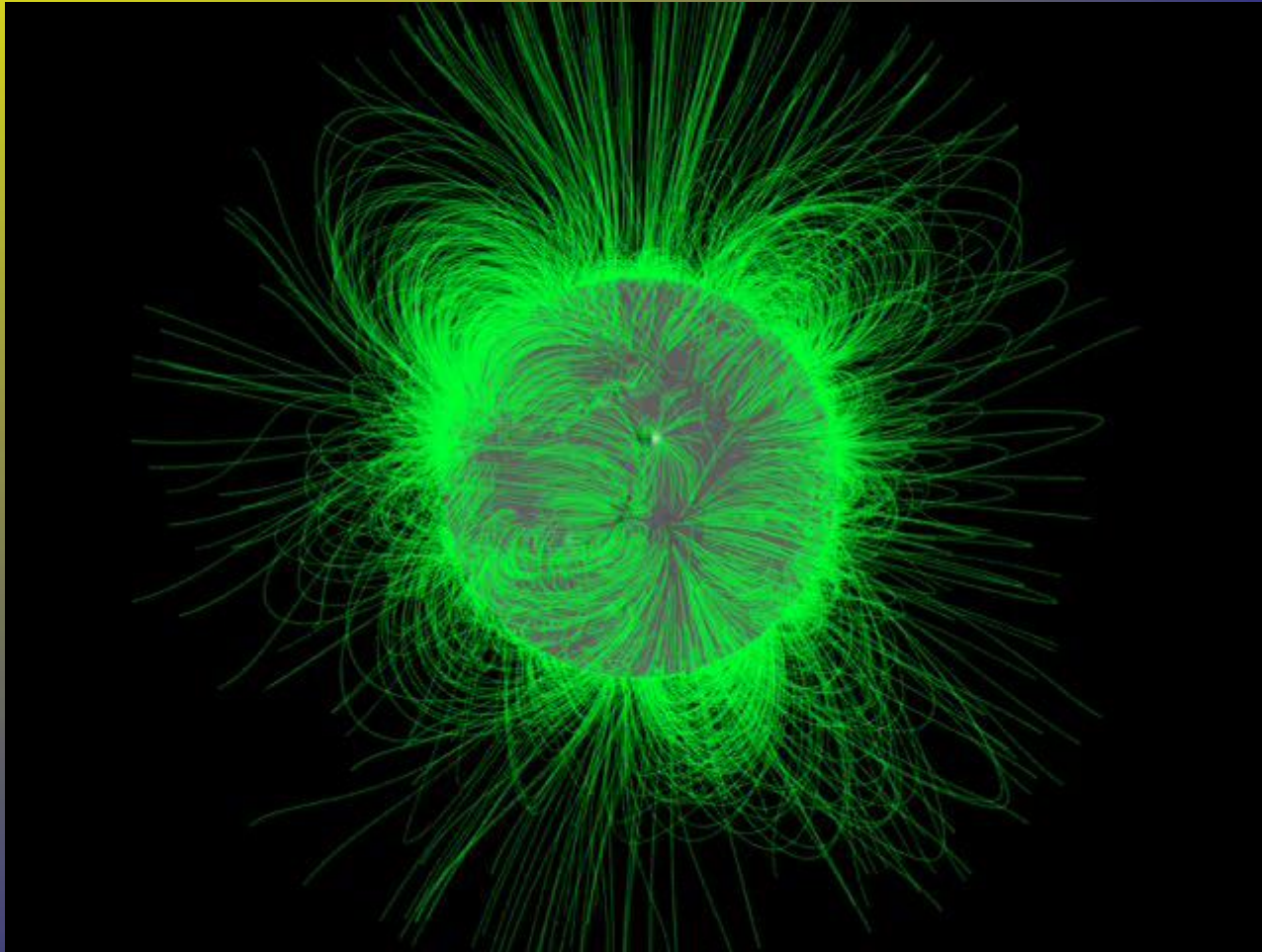
Typowy czas życia:
od kilku dni do kilku
miesięcy

Pole magnetyczne:
od 250 Gs do 5000 Gs





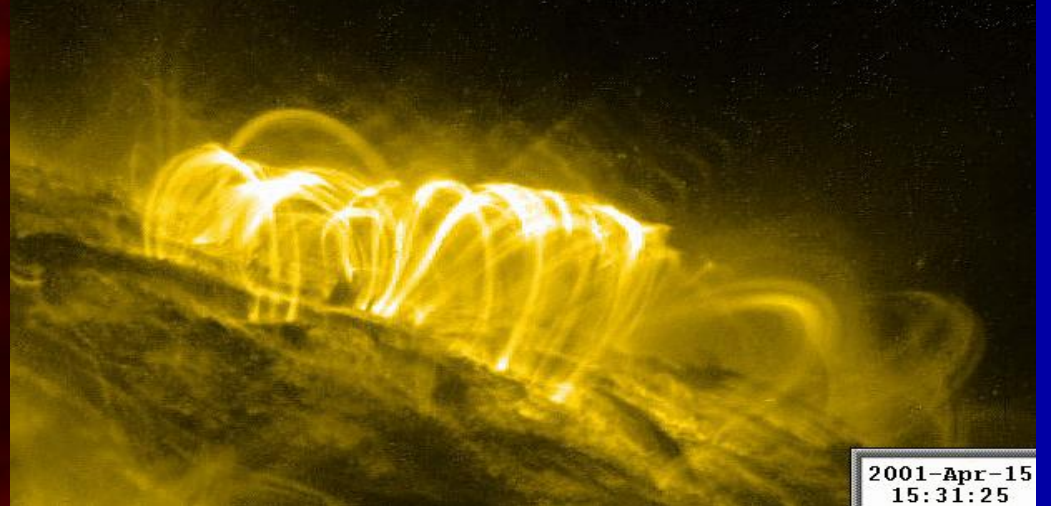
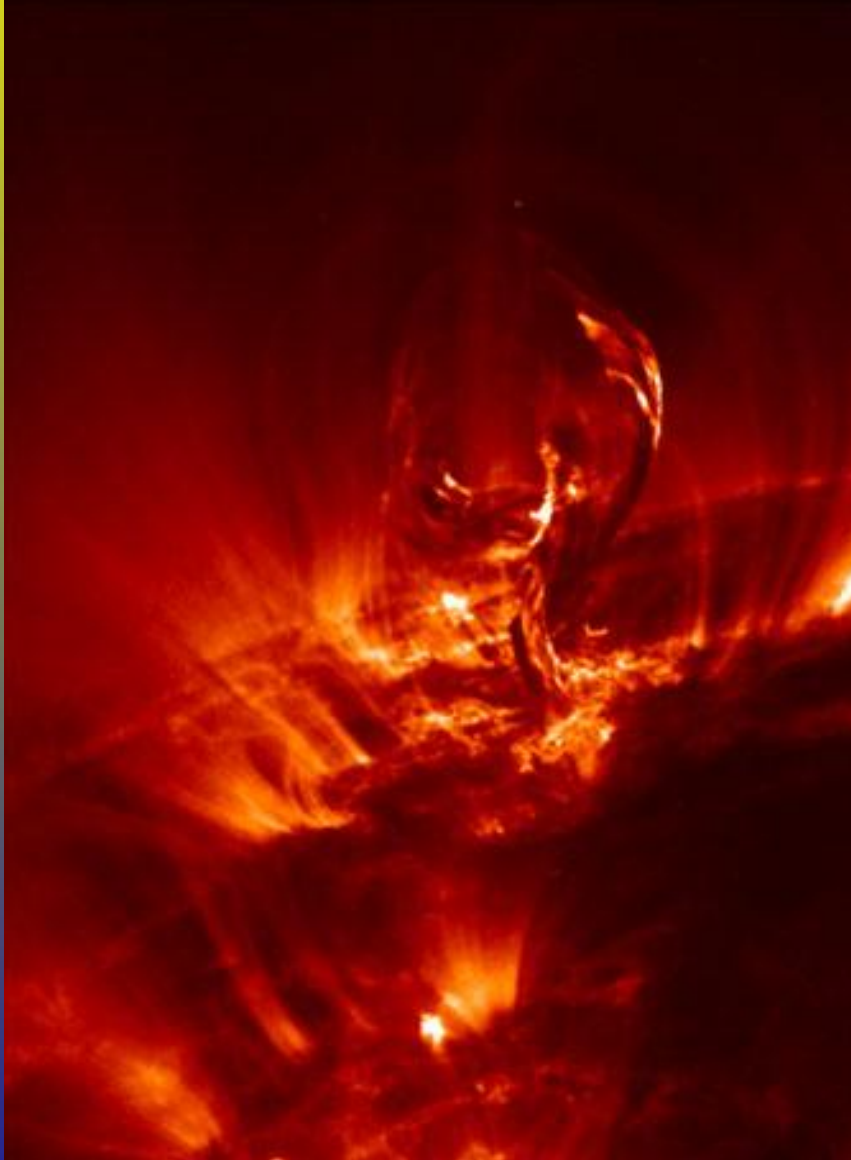
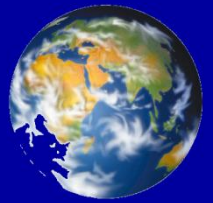
Pole magnetyczne w koronie



Plazma koronalna może poruszać się tylko wzdłuż linii sił pola magnetycznego – dzięki temu jesteśmy w stanie śledzić jego układ



Pole magnetyczne w koronie

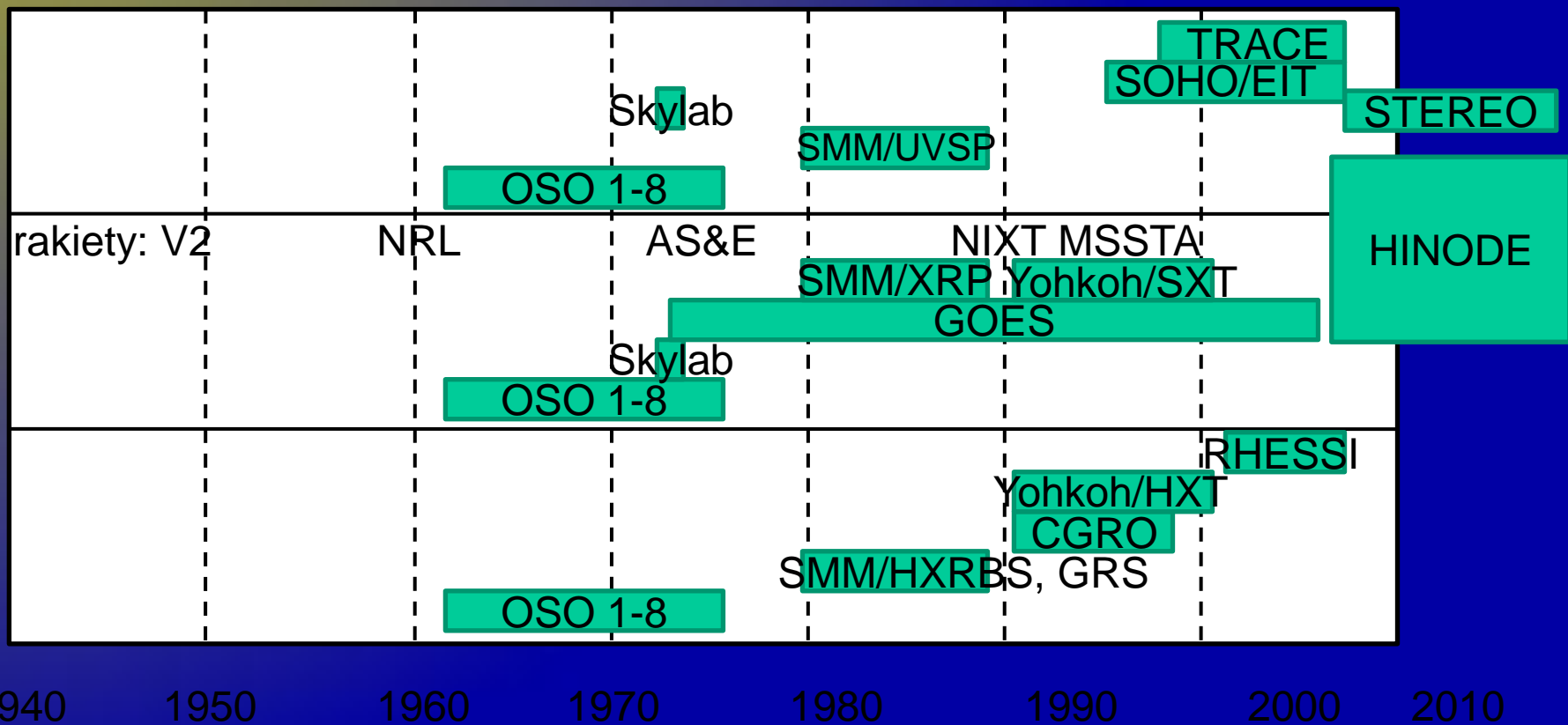
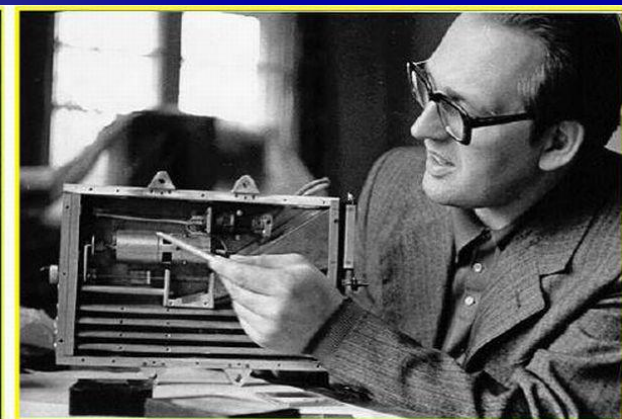
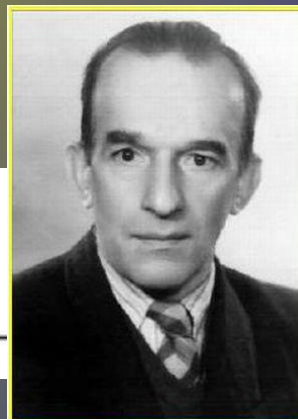
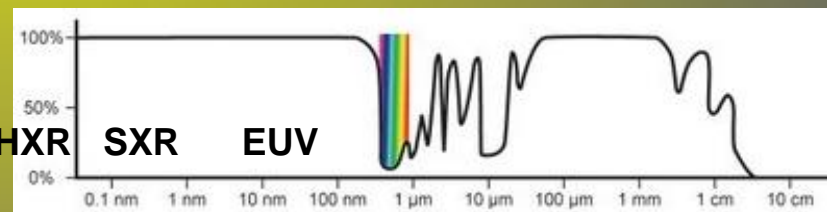


2001-Apr-15
15:31:25

Korona jest gorąca (>1 MK) najlepiej widoczna w zakresach UV i X

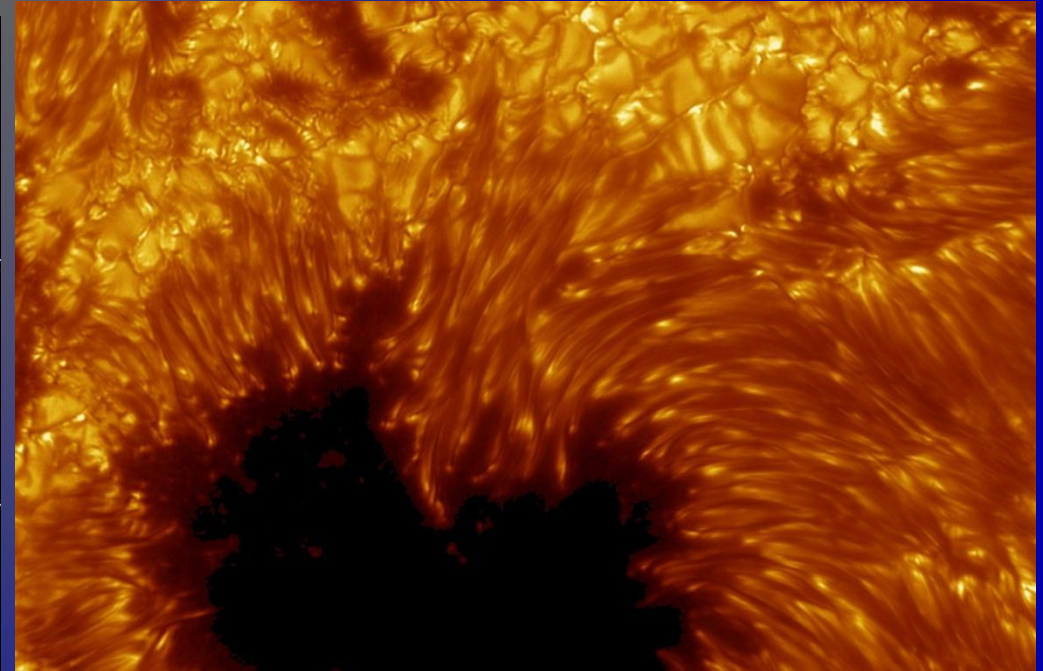
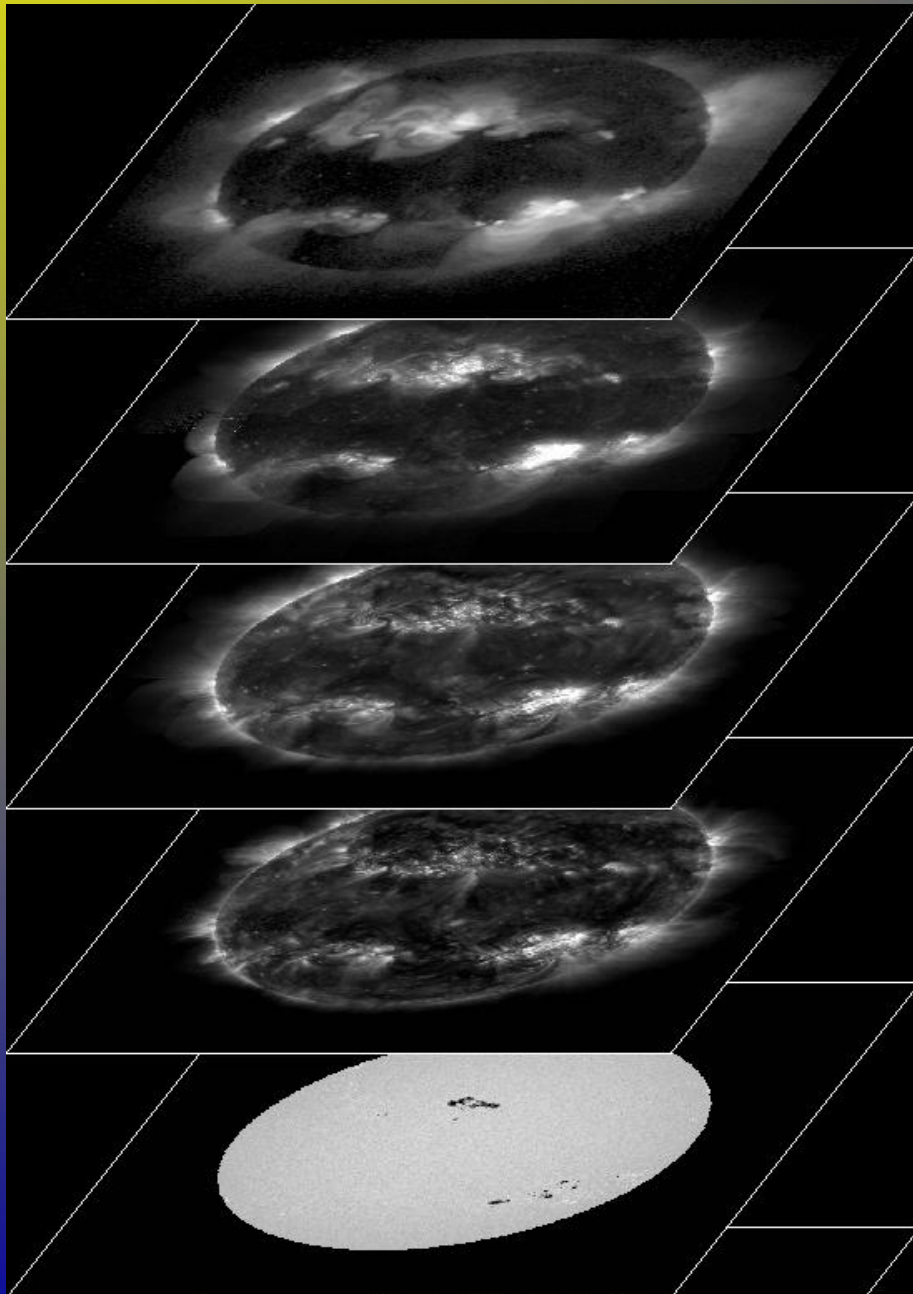


Obserwacje satelitarne





Obszar aktywny



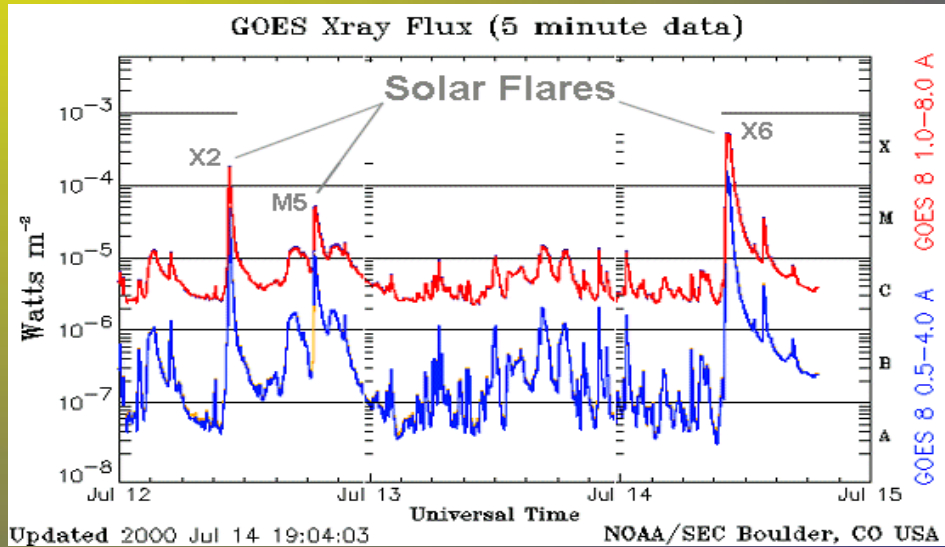
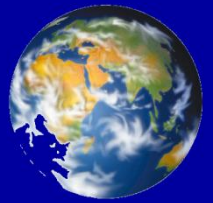
Miejsce w atmosferze słonecznej obserwowane w okolicach plam

Wygląda inaczej w różnych zakresach fal elektromagnetycznych – duży rozrzut temperatur

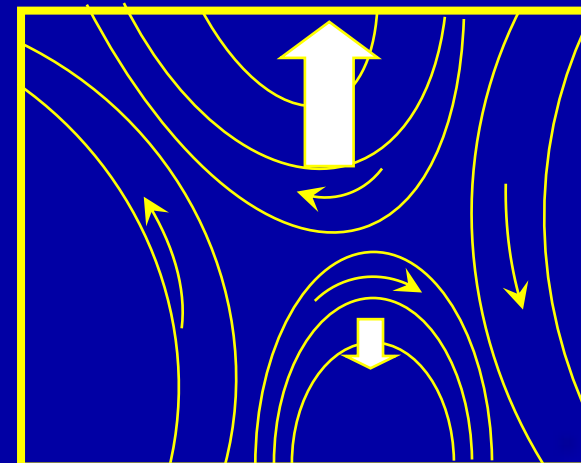
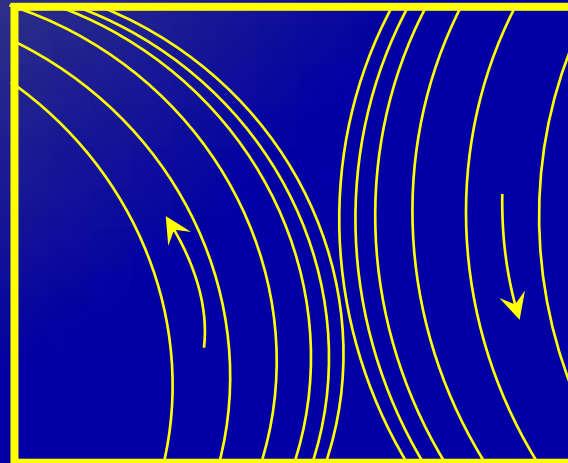
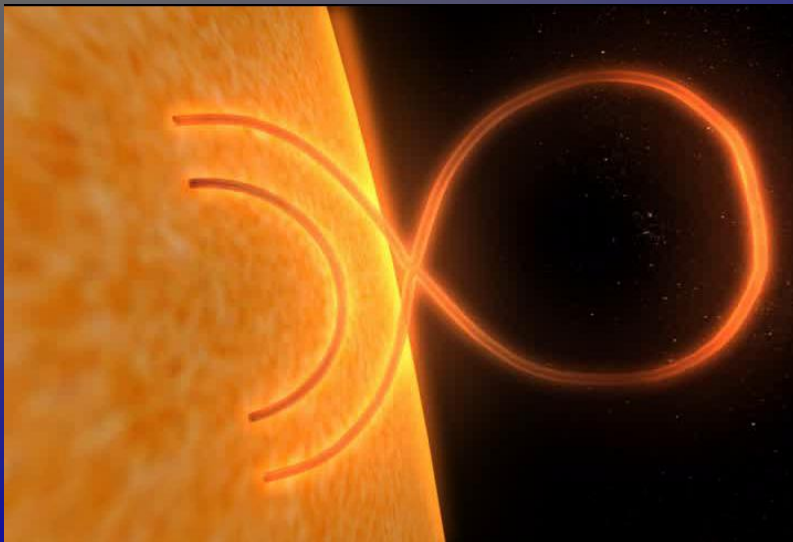
Pojawiają się w nim różnego rodzaju zjawiska dynamiczne takie jak rozbłyski czy CME



Zjawiska aktywne



Pomiary strumienia promieniowania rentgenowskiego wykonywane za pomocą sztucznych satelitów.

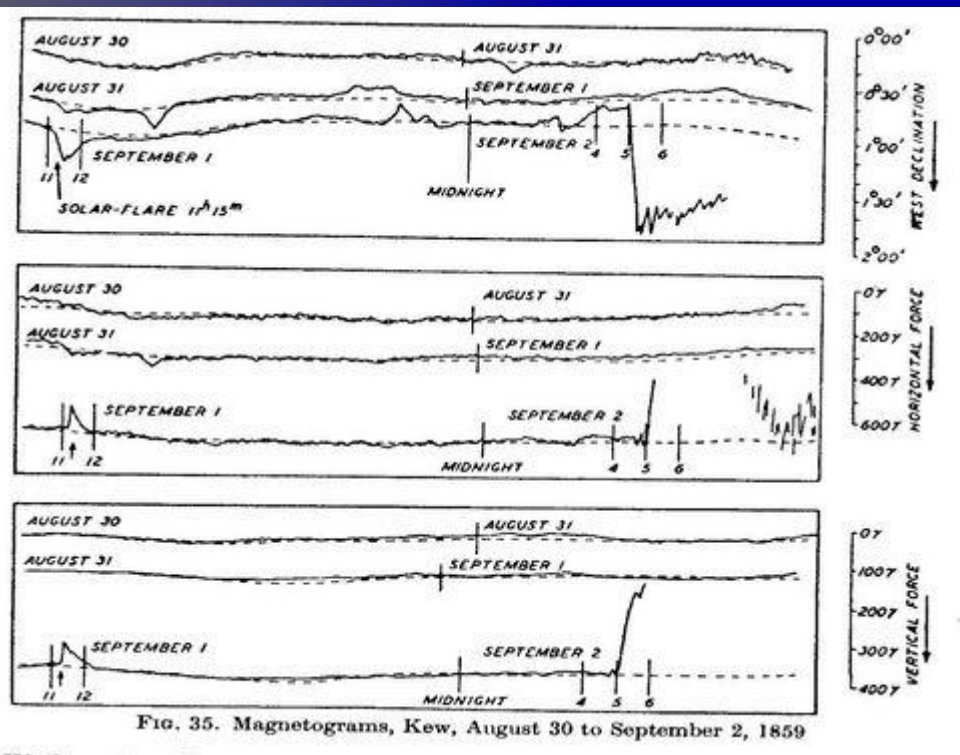
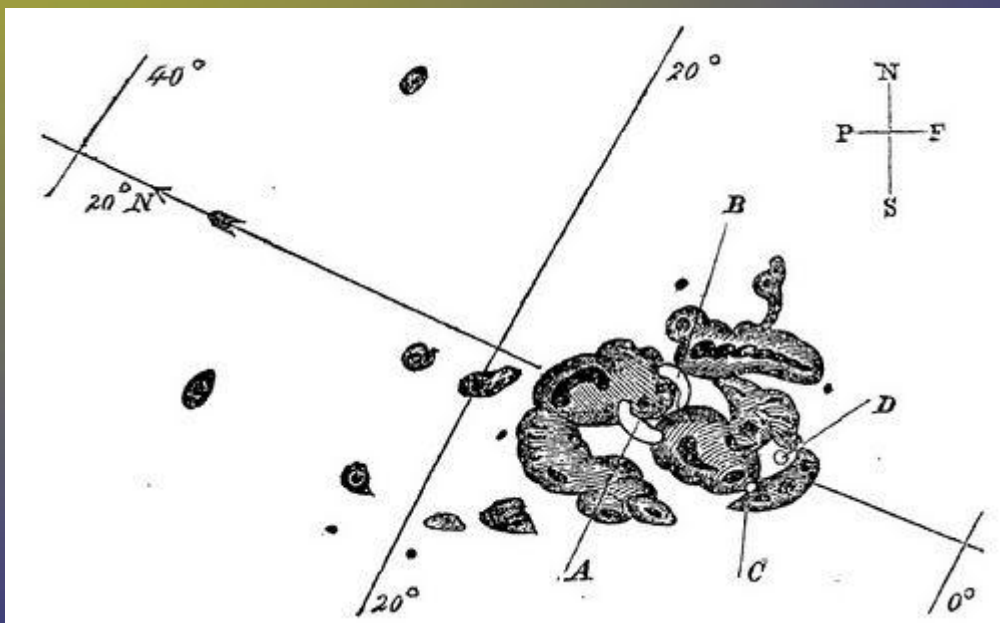




Rozbłyski



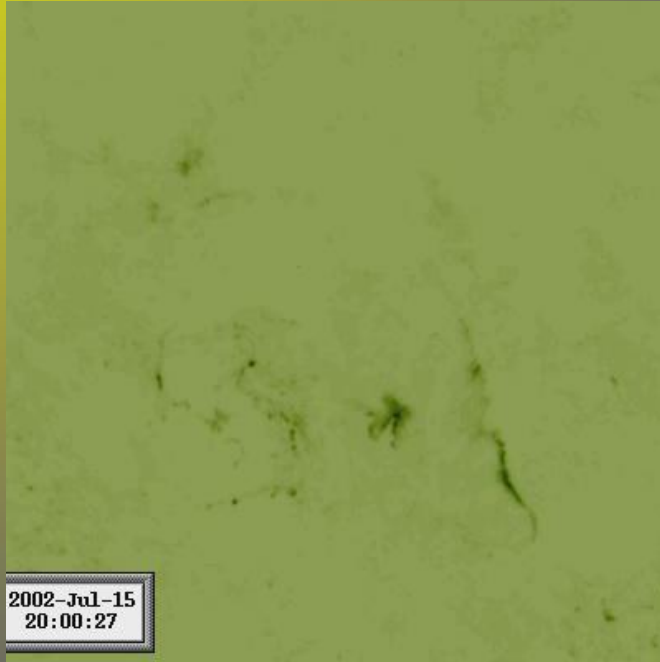
Richard Carrington obserwuje
1 września 1859 r. gwałtowne pojaśnienie
w okolicy obserwowanych plam



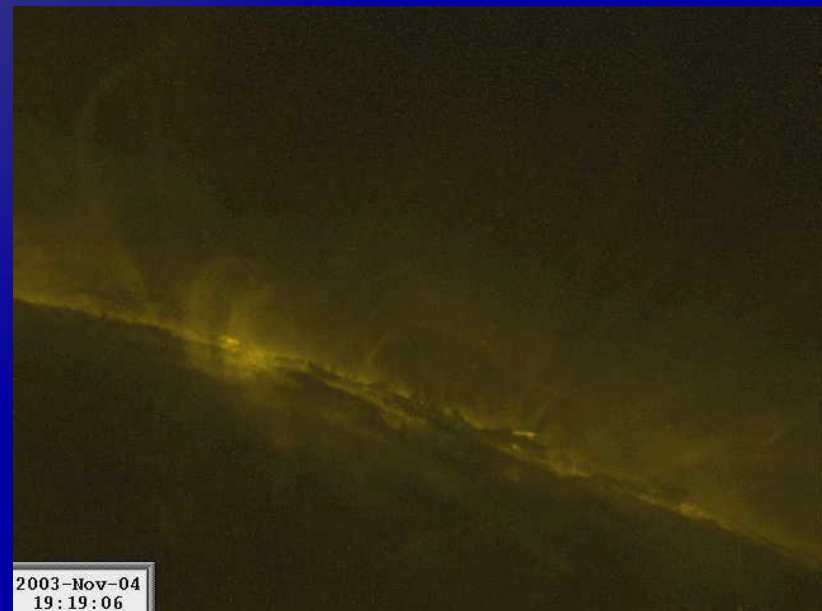
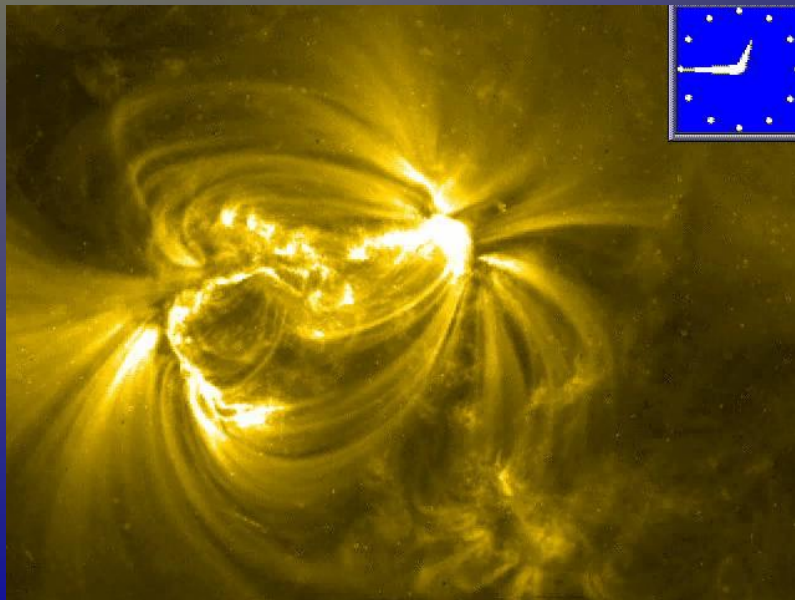
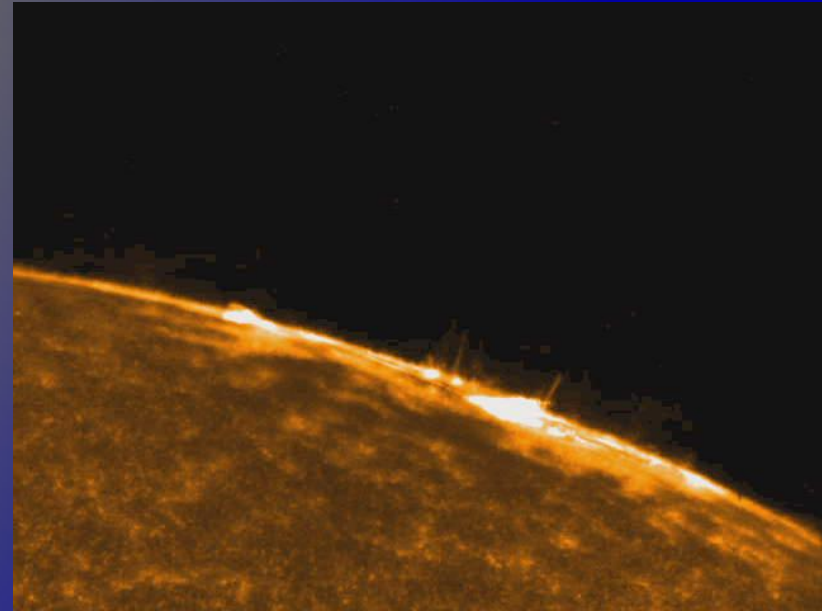
Balfour Stewart, dyrektor obserwatorium
Kew Garden rejestruje gwałtowne zmiany
pola magnetycznego mierzonego za
pomocą superczułego kompasu



Rozbłyски



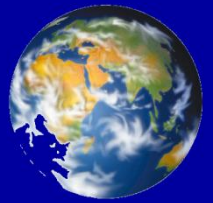
2002-Jul-15
20:00:27



2003-Nov-04
19:19:06



Rozbłyски



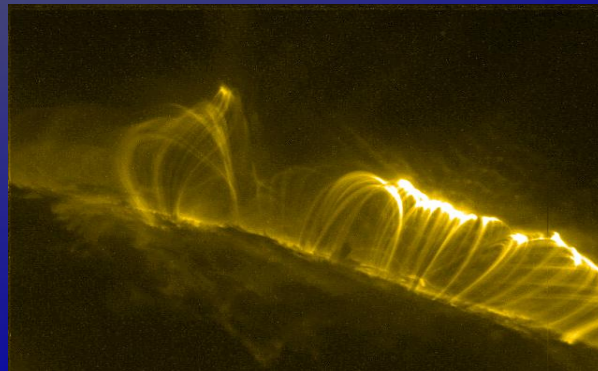
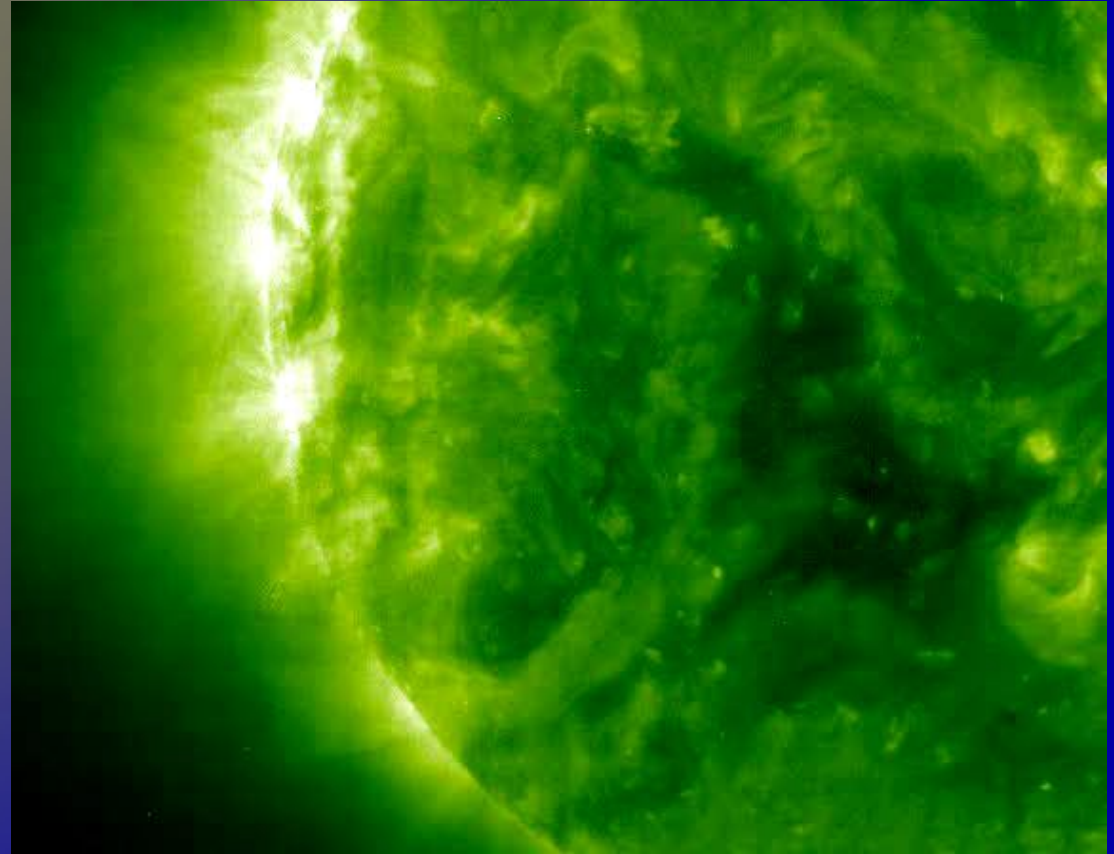
$1.6 \times 10^6 \text{ J}$



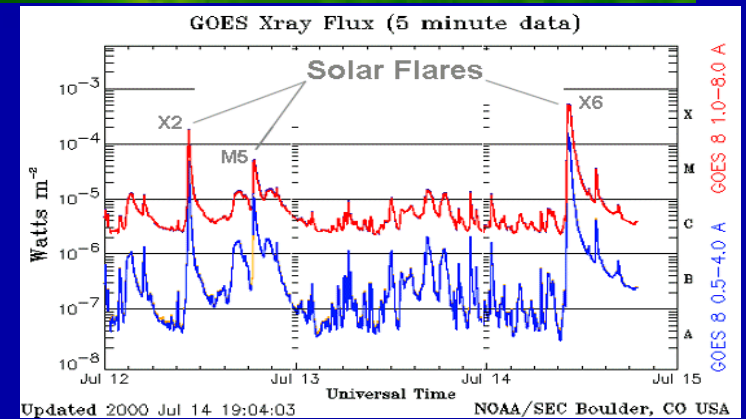
$5 \times 10^{15} \text{ J}$



10^{18} J

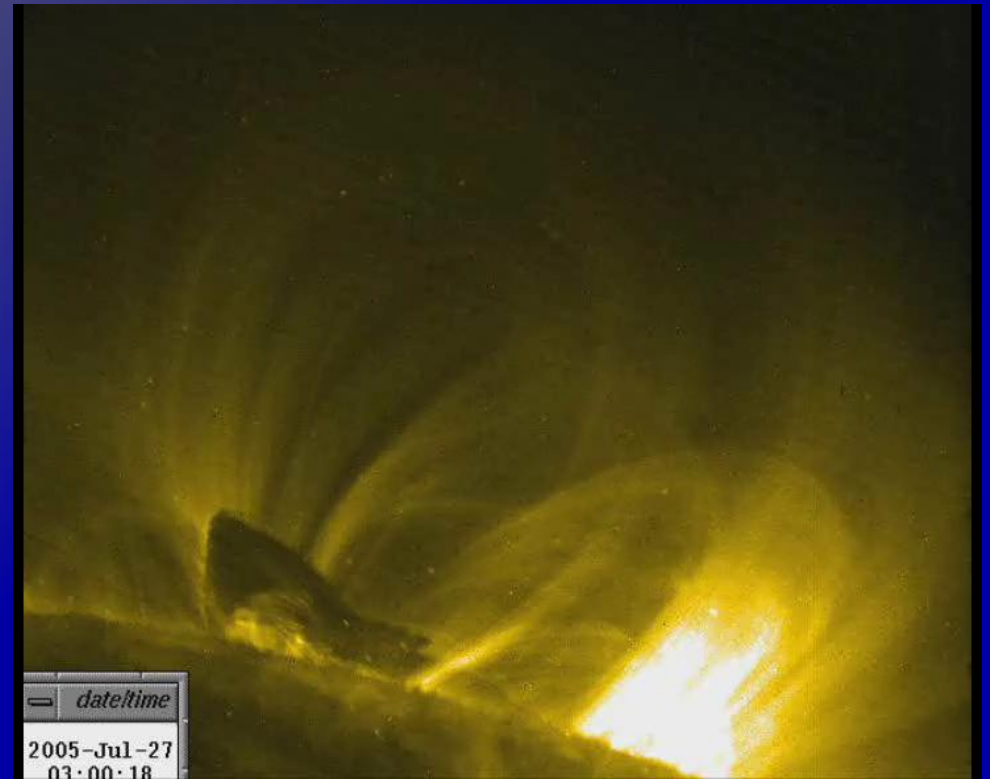
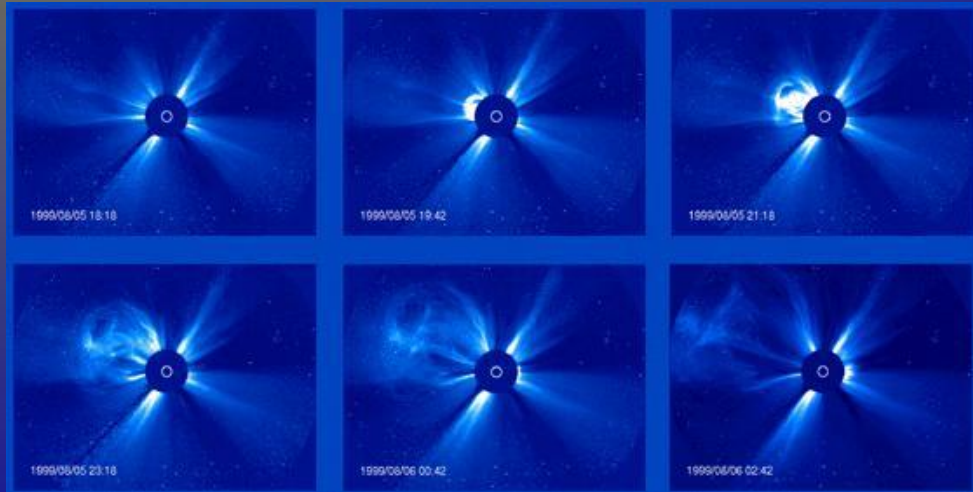
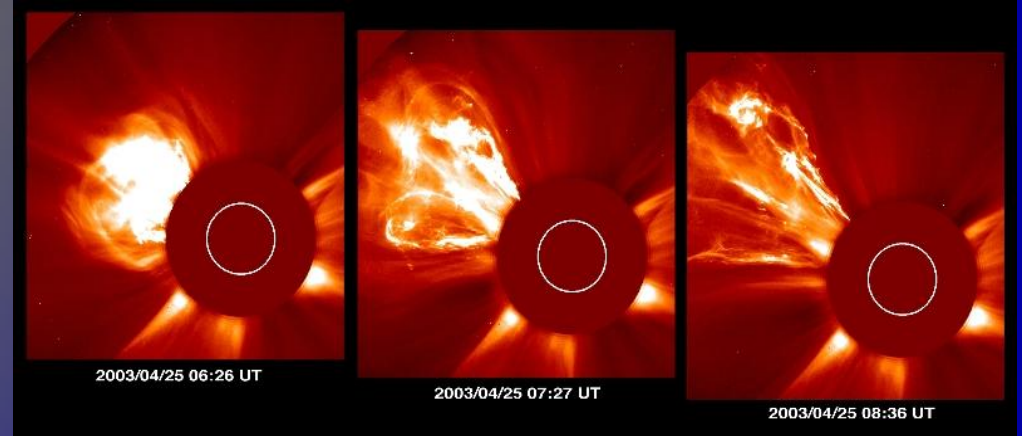
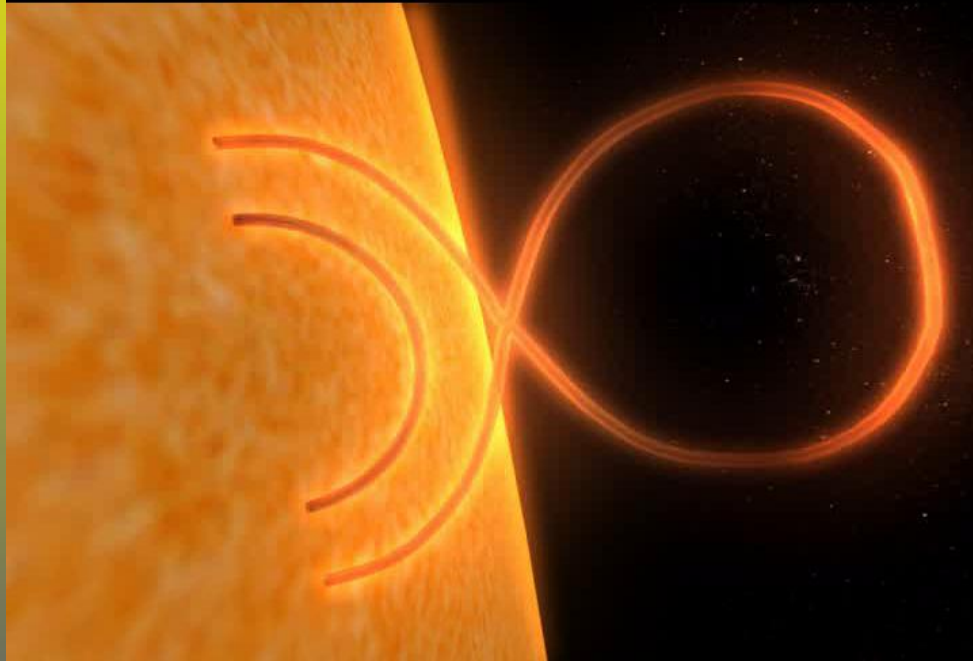


10^{26} J



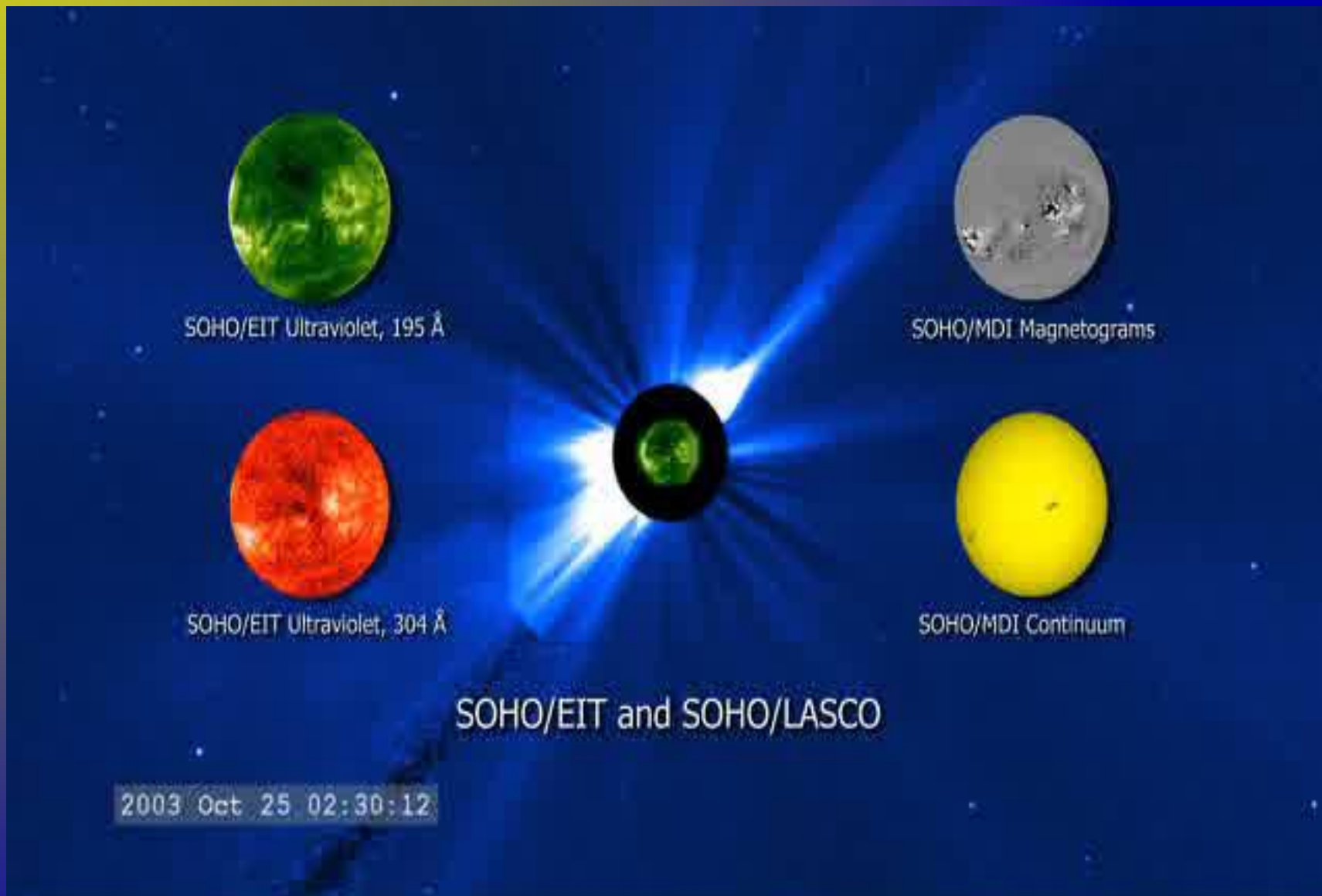


Rozbłyski i CME



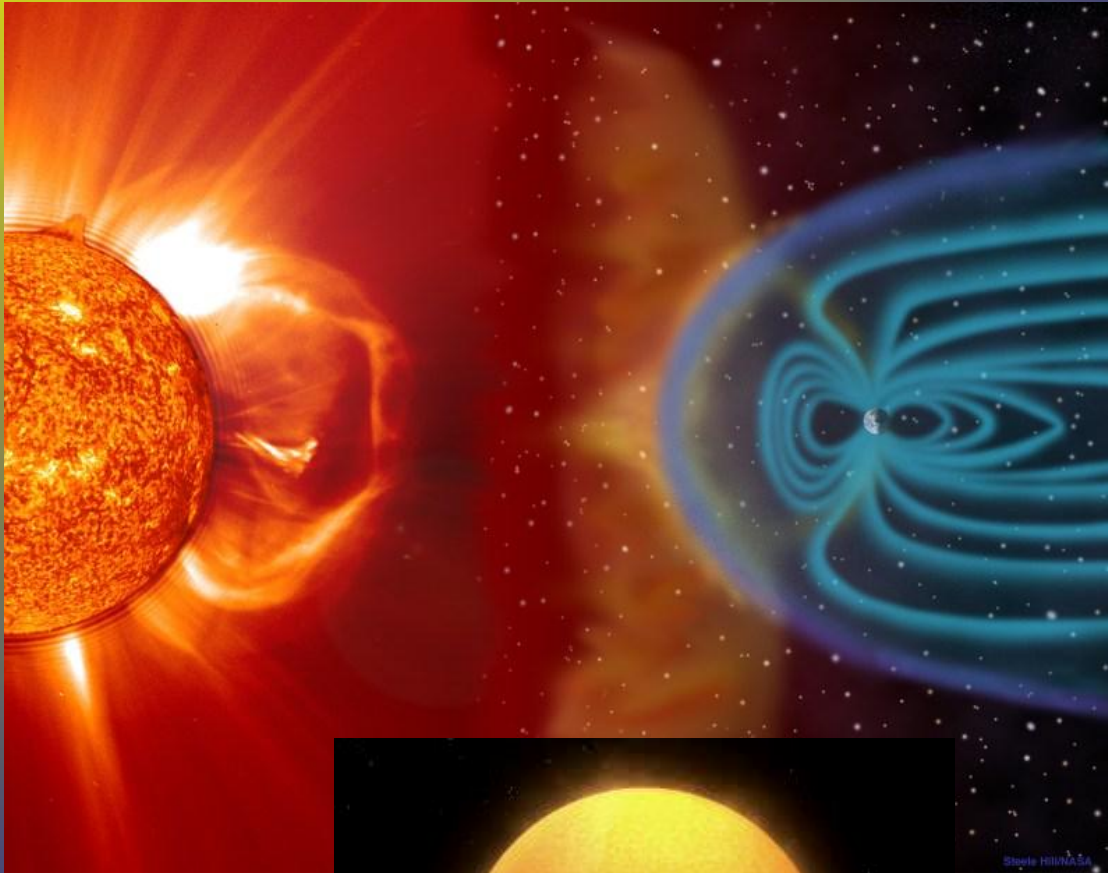
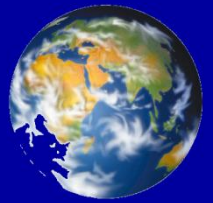


Współczesny obraz Słońca





Słoneczna prognoza pogody

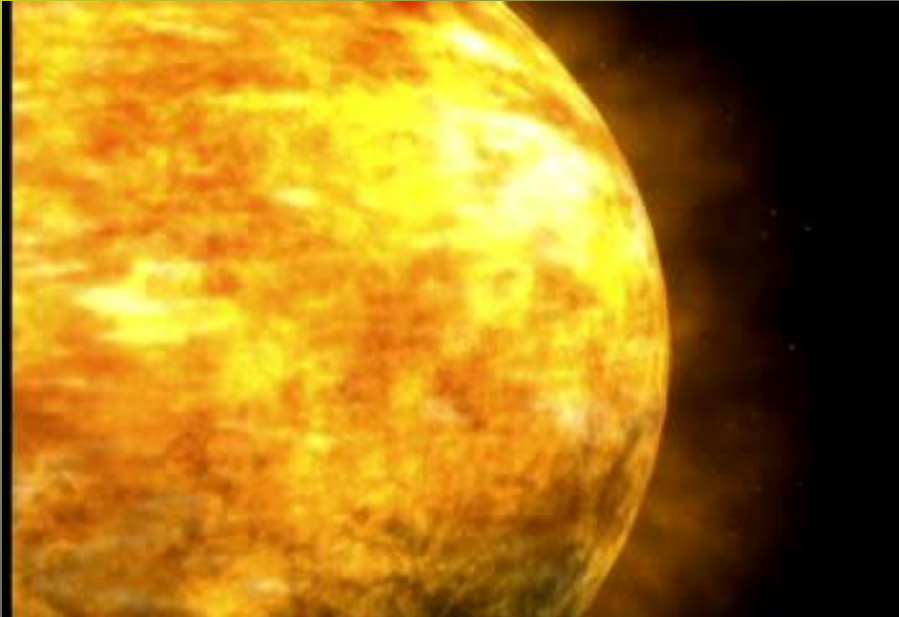


CME mogą docierać w okolice Ziemi i mogą być niebezpieczne:

- astronauta (loty międzyplanetarne, stacje kosmiczne, itp.)
- pasażerowie samolotów
- stacje transformatorowe
- rurociągi
- sztuczne satelity
- łączność radiowa i satelitarna
- zorze, zorze, zorze...



Zorze polarne



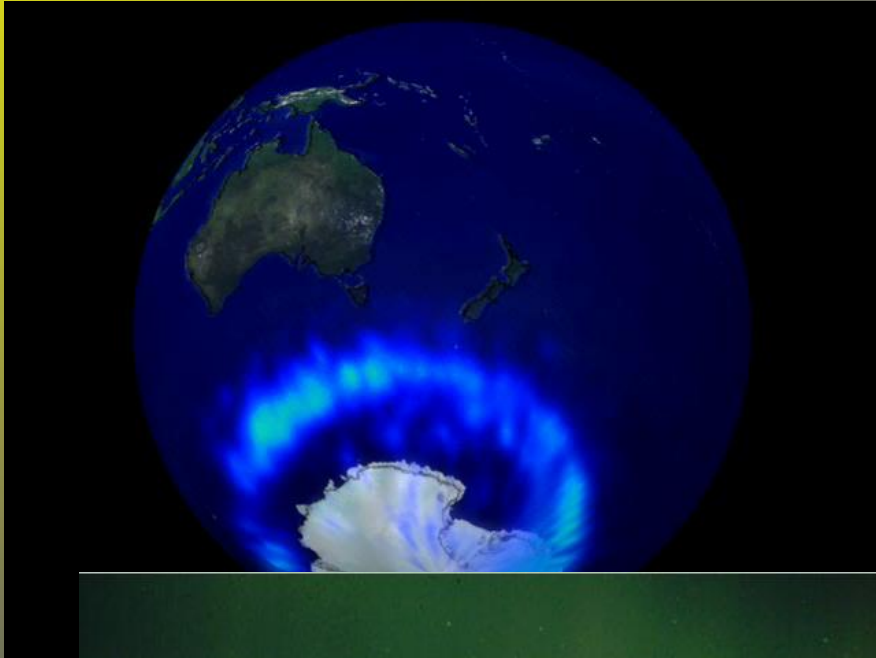
Ziemia jest otoczona polem magnetycznym – chroni nas przed naładowanymi cząstkami docierającymi ze Słońca i przestrzeni kosmicznej

Cząstki odpowiedzialne za zorze polarne są przyspieszane w ziemskiej magnetosferze dzięki przełączaniu linii sił – ten sam mechanizm produkuje rozbłyski i CME na Słońcu





Zorze polarne



Aurora August 21, 1990 by Gary Boyles



Zorze polarne





Zorze polarne – nie zawsze polarne



27 03 2001 r.

01 04 2001 r.

05 11 2001 r.

29 05 2005 r.

29 10 2003 r.

20 11 2003 r.

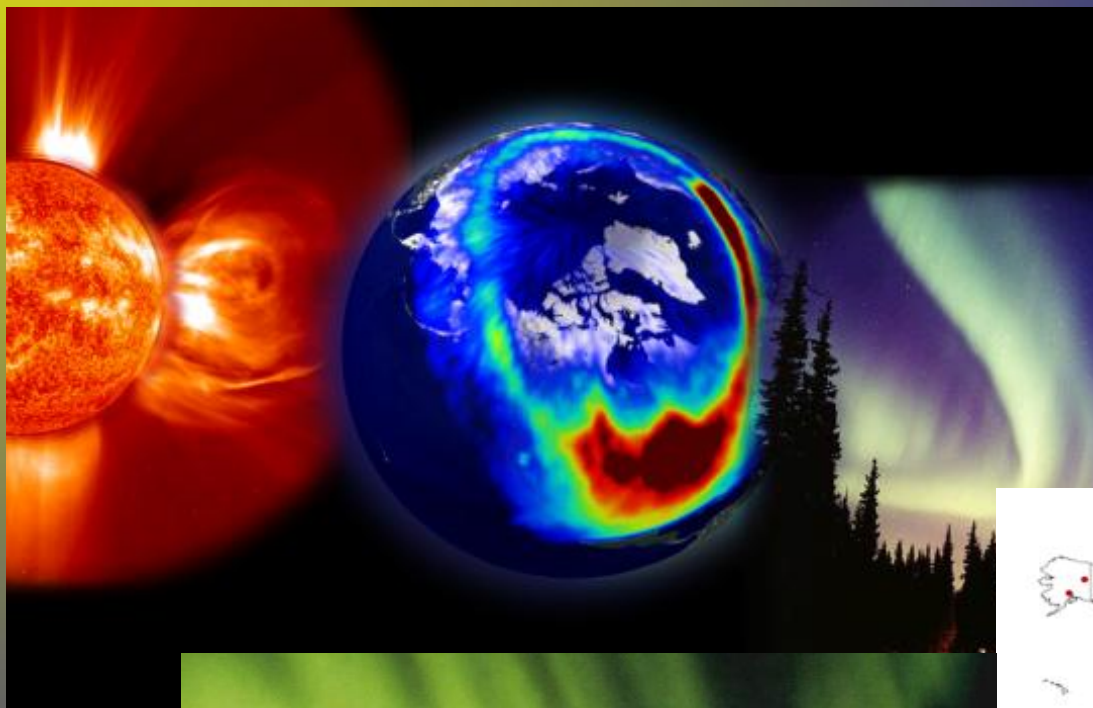
★ foto M.Kałużny ★
www.astrofotografia.pl



★ foto M.Kałużny ★

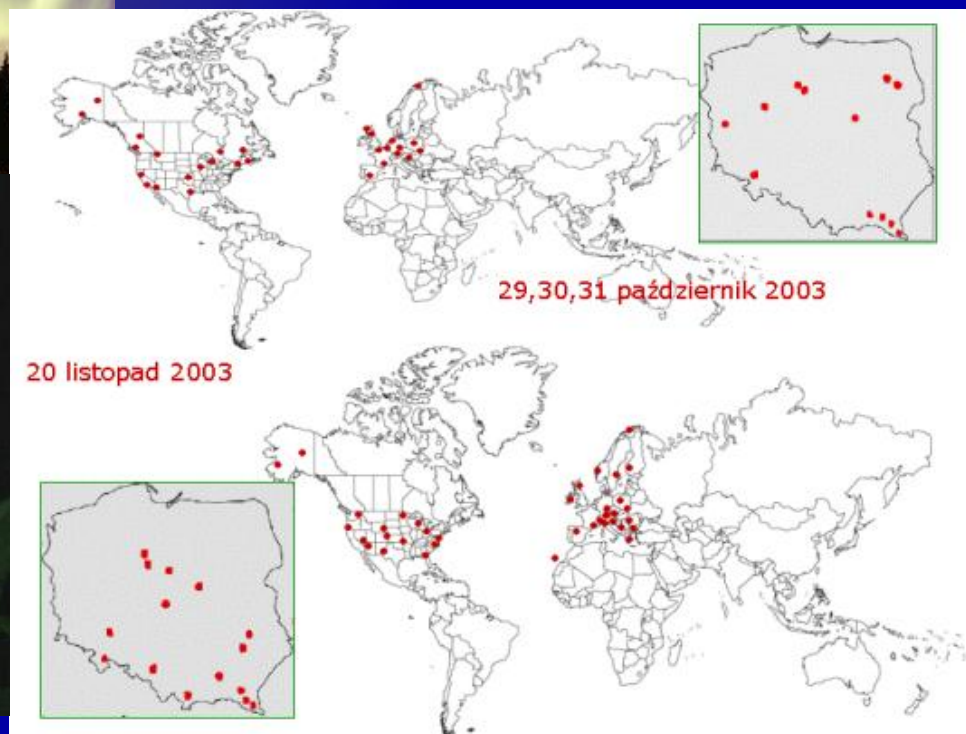


Zorze polarne



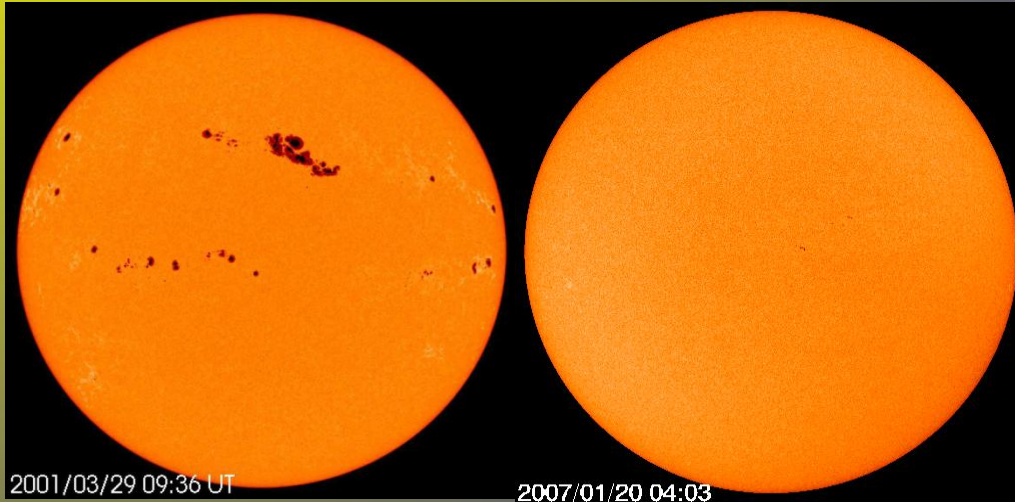
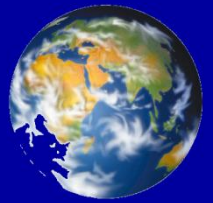
www.spaceweather.com

Potrzebna jest wysoka aktywność słoneczna – kiedy można się takiej spodziewać?



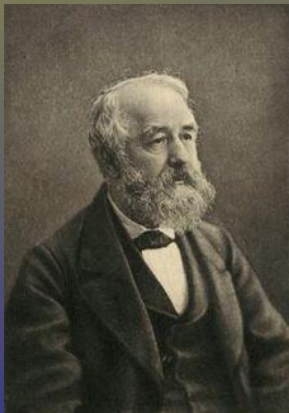
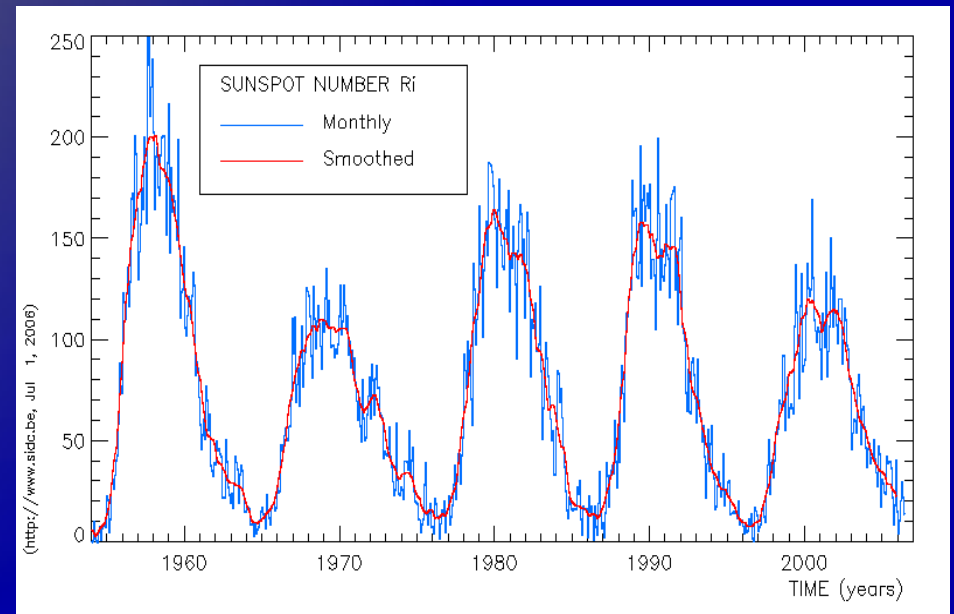


Cykl aktywności



Aktywne Słońce to Słońce zaplamione

Zaplamienie zmienia się w ciągu około 11 lat



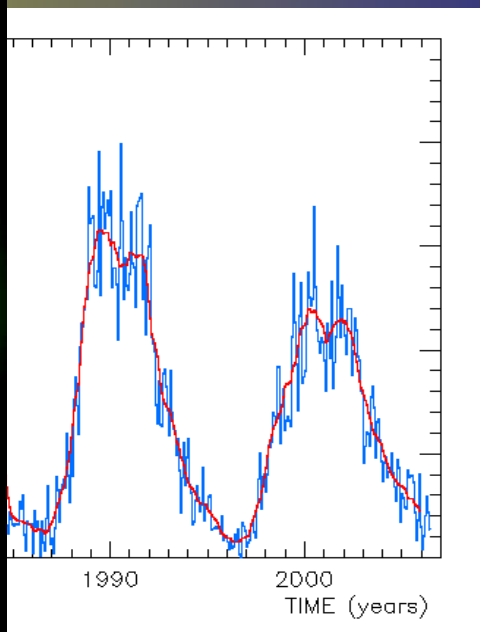
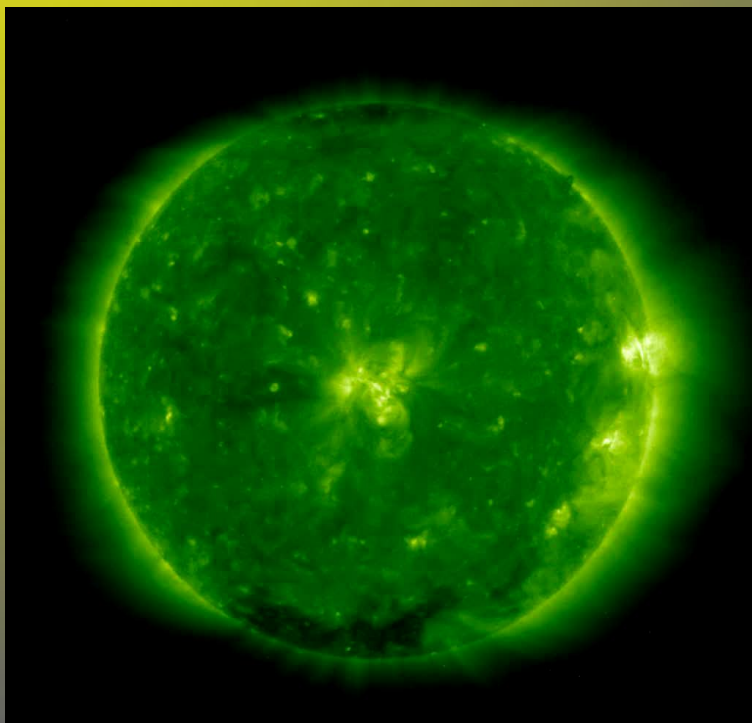
**Rudolf Wolf
(1816-1893)
proponuje metodę
liczenia plam
słonecznych**



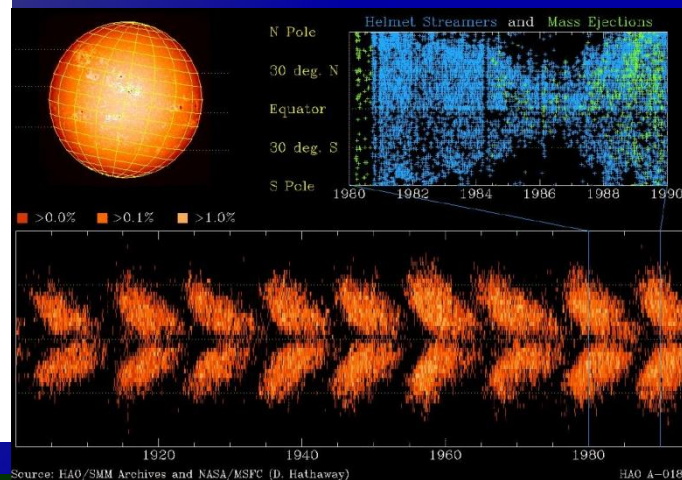
**Samuel Heinrich Schwabe
(1789-1875) – odkrywa
cykliczność pojawiania
się plam słonecznych**



Cykl aktywności



W cyklu 11-sto letnim zmienia się ilość obszarów aktywnych widocznych w zakresach UV i X.



The Sun Approaching Solar Maximum

Solar and Heliospheric Observatory, Extreme ultraviolet Imaging Telescope



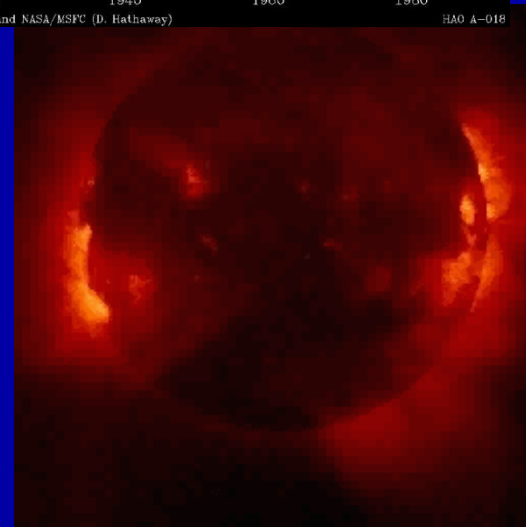
Early 1997



Mid 1998

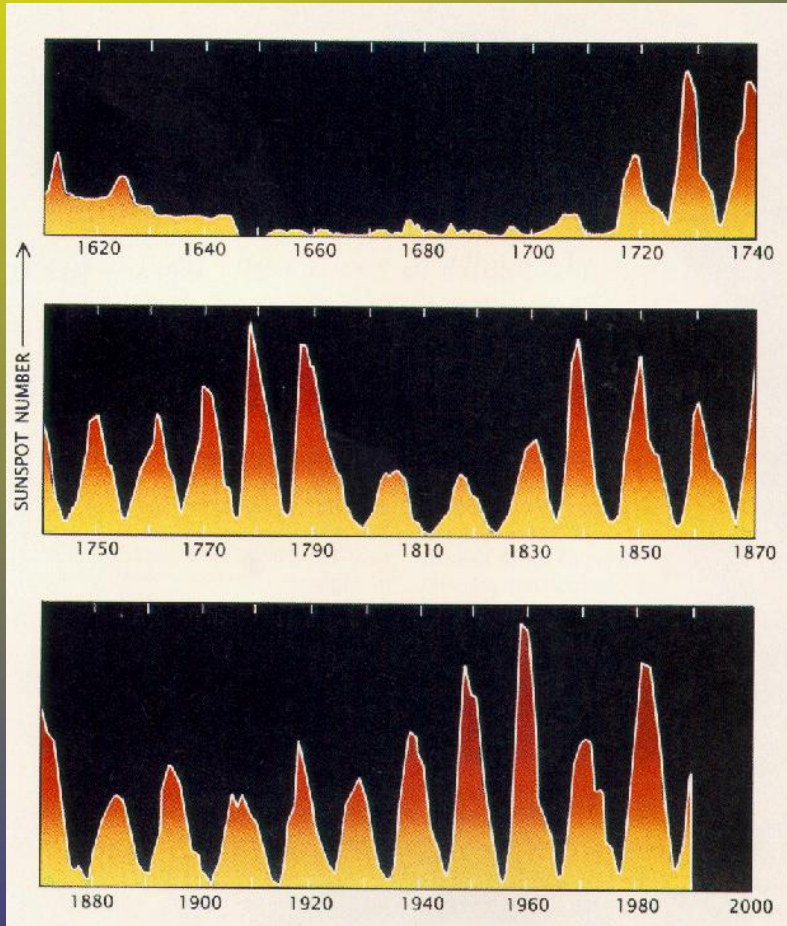


Late 1999



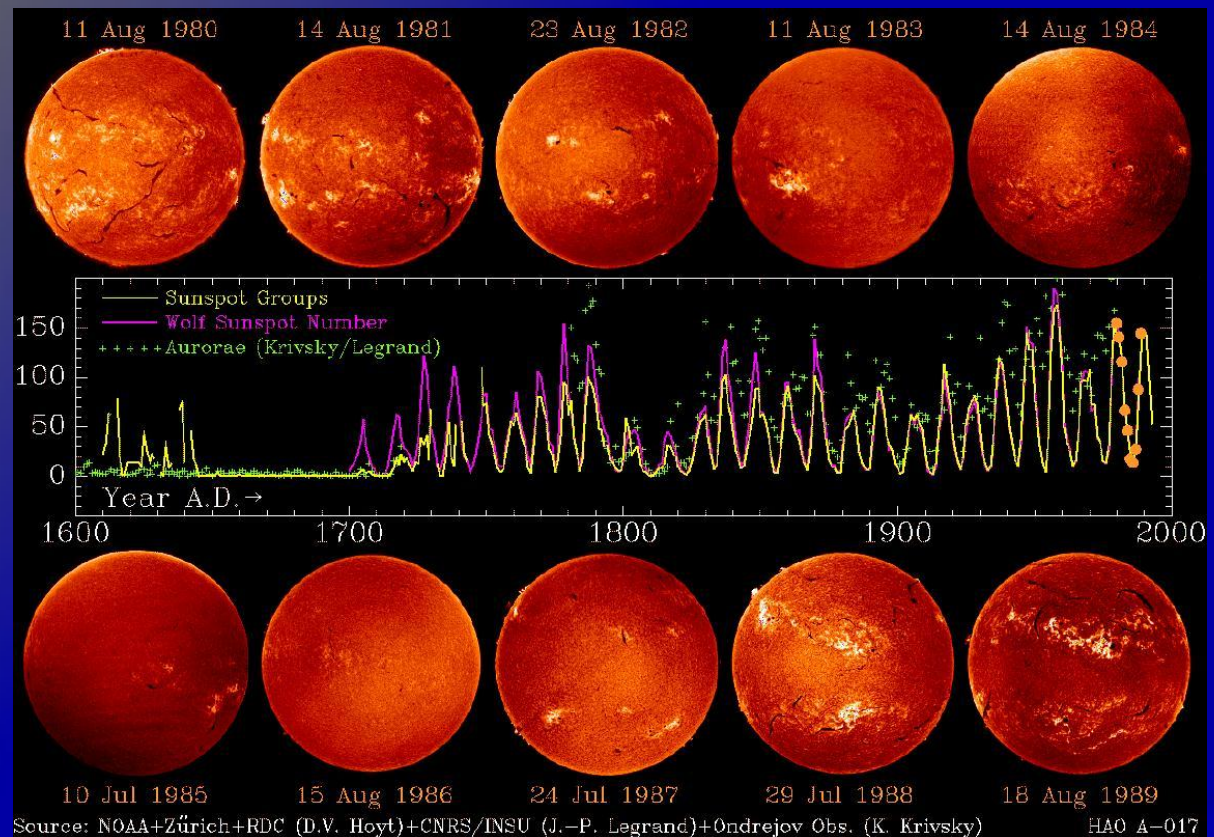


Cykl aktywności



Każde maksimum cyklu jest inne

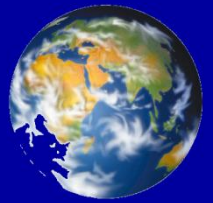
Były w przeszłości okresy gdy na Słońcu nie obserwowano plam



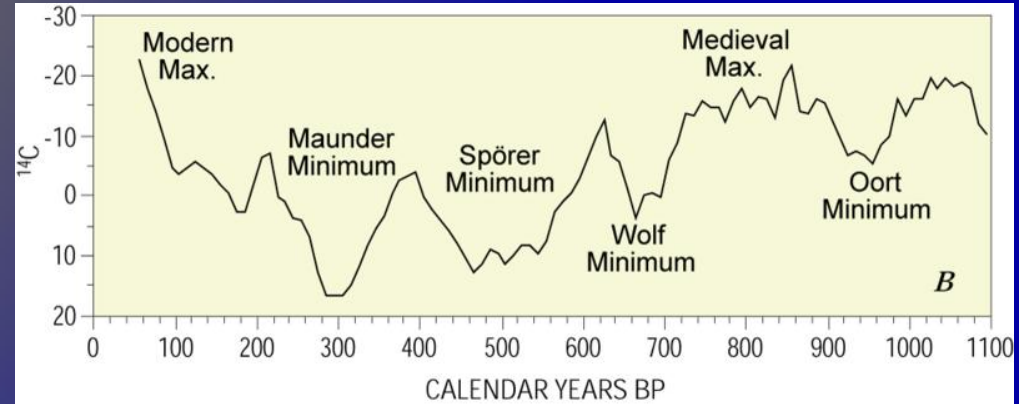
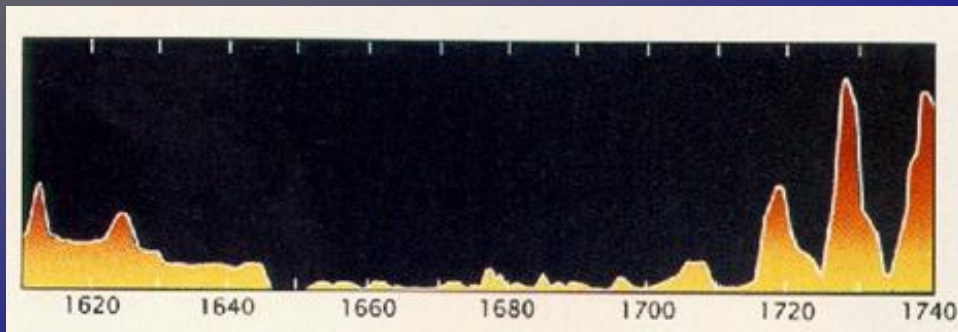
Czy zmiany aktywności Słońca mogą wpływać na ziemski klimat?



Minimum Maundera



Targ na zamrożniętej Tamizie



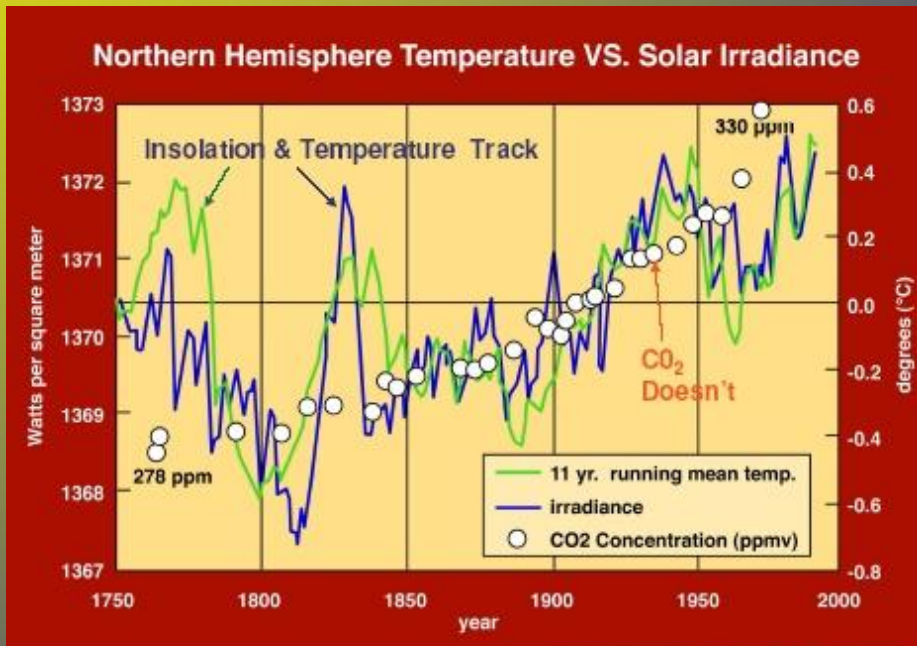
Zamarzający Bałtyk – regularne „połączenie” ze Szwecją

Hetman Czarniecki „rzuca się przez morze” (cieśninę Allsund)

400 lat wcześniej Grenlandia była zieloną wyspą i została zasiedlona



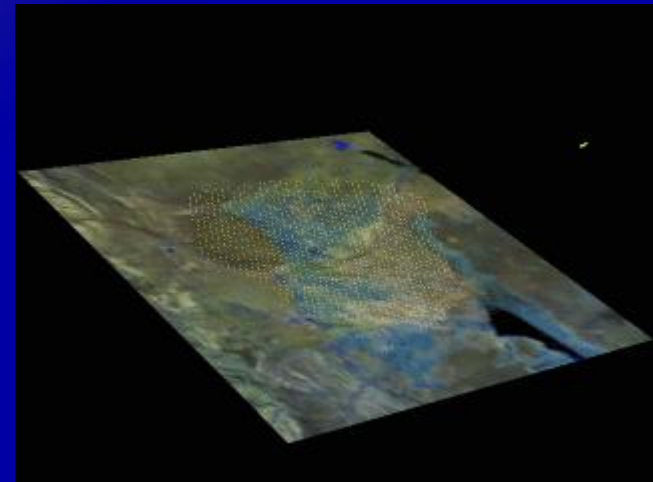
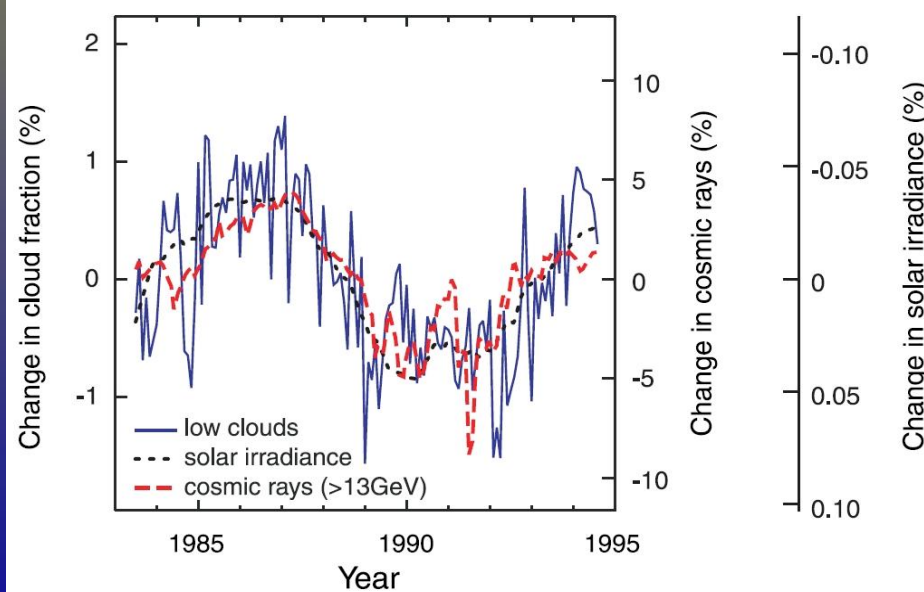
Wpływ na ziemski klimat



Duża korelacja między aktywnością Słońca a średnimi temperaturami na Ziemi

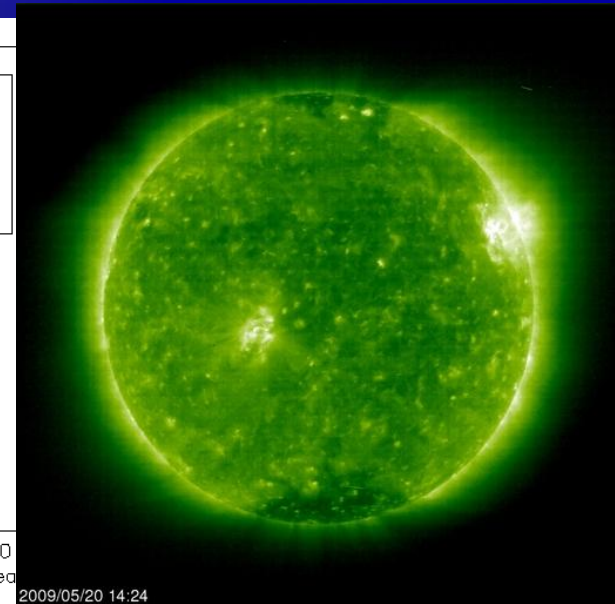
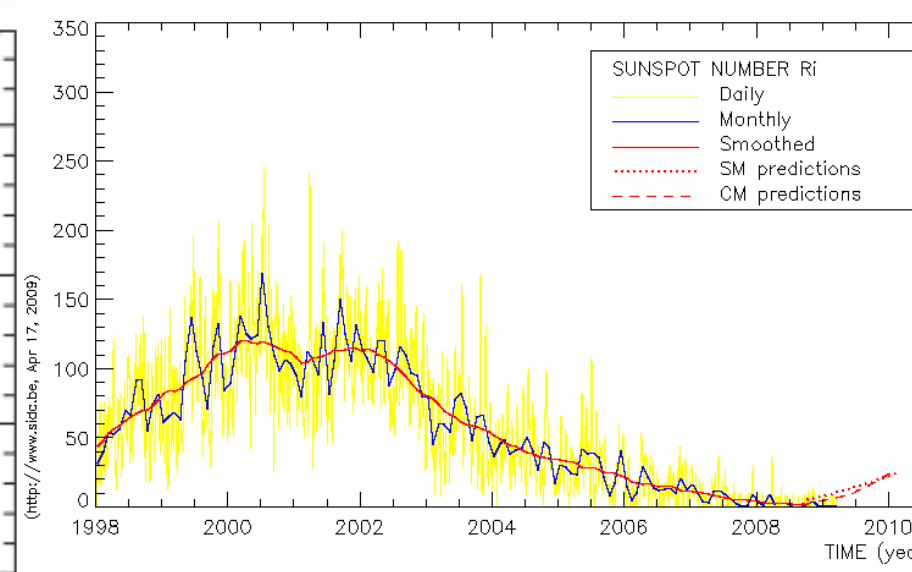
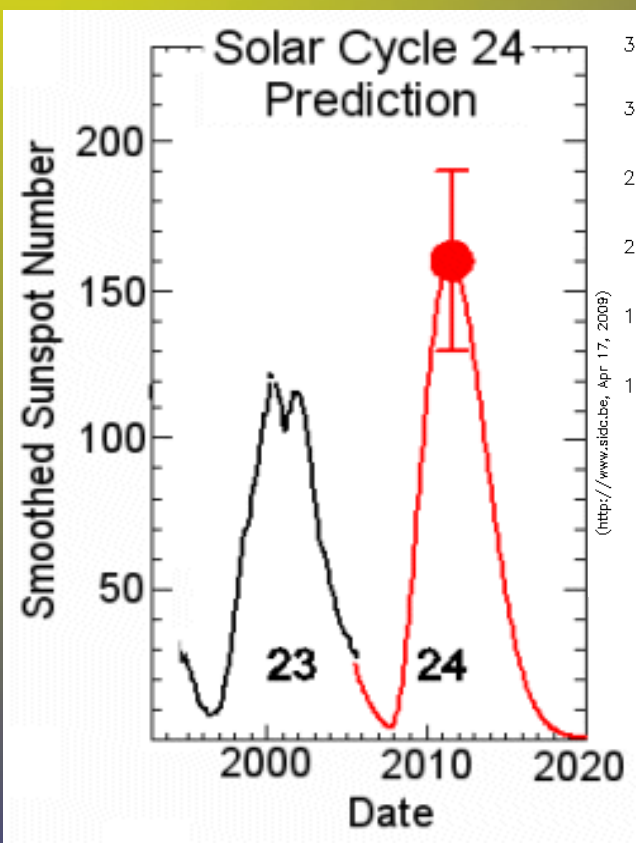
Zachmurzenie zmienia się wraz z ilością promieniowania kosmicznego

Związek z aktywnością słoneczną nie polega na zmianie ilości energii docierającej do Ziemi!



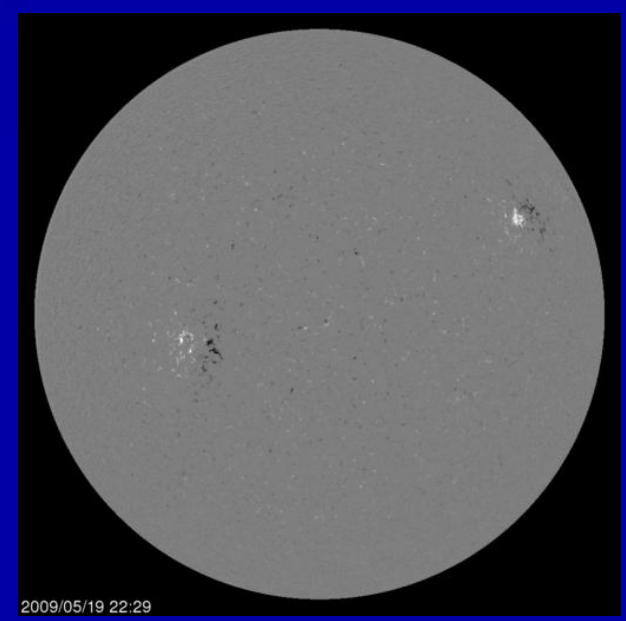


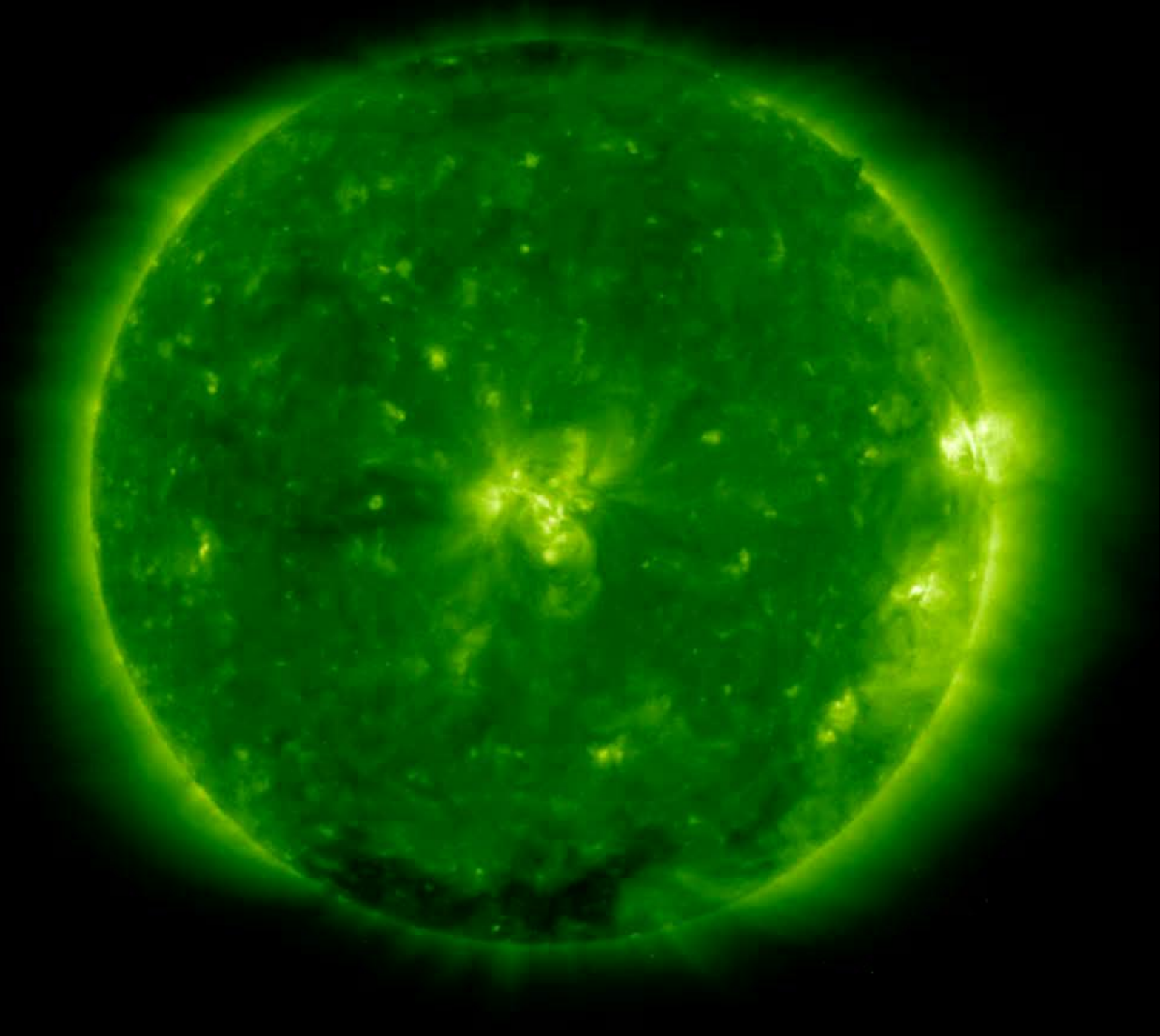
Następne maksimum



Najsilniejsze od 50-ciu lat?

A może kolejne długie minimum?





KONIEC