

# Kosmické počasí, předpovědi aktivity

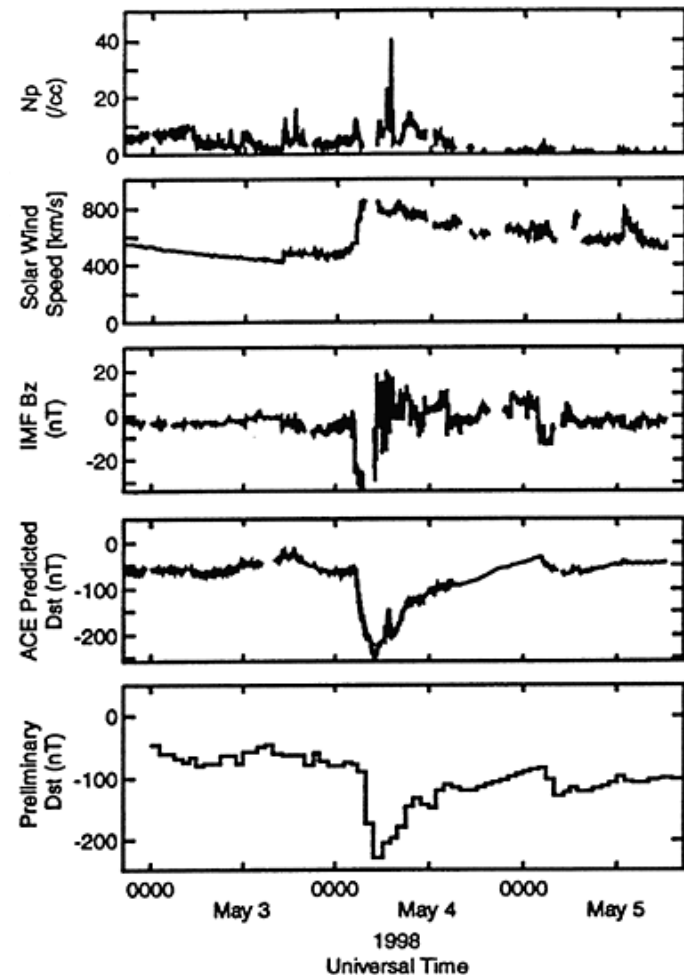
Sluneční fyzika

LS 2013/2014

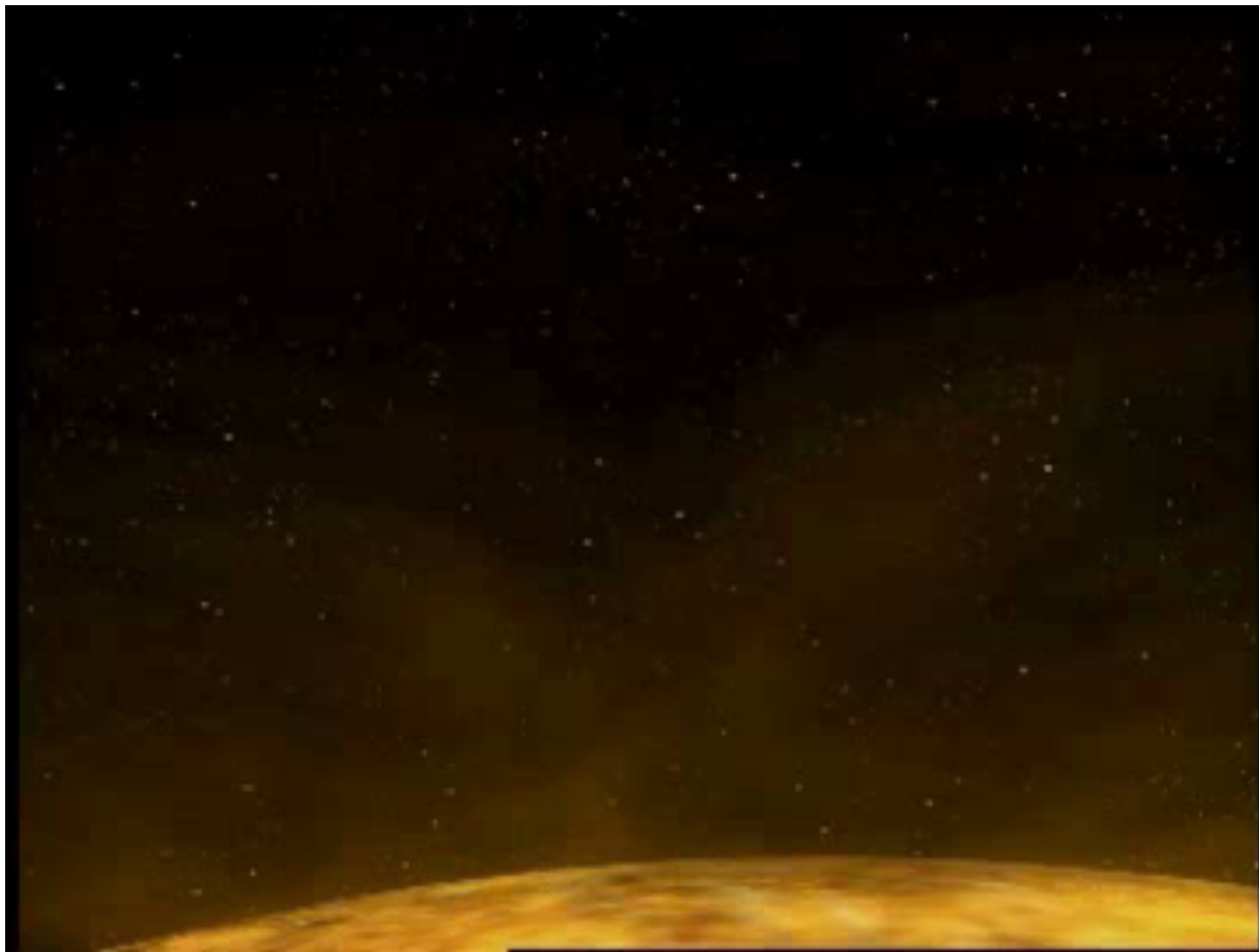
Michal Švanda  
Astronomický ústav AV ČR  
Astronomický ústav UK

# Kosmické počasí

- Perspektivní obor
  - Hodně peněz
  - „Aplikovaná sluneční fyzika“
- Sledování stavu IMF v okolí Země
- Geomagnetické bouře
- Polární záře
- Ionosférické poruchy
- Poruchy elektroniky
- Poruchy dálkových vedení



# Kosmické počasí



# Scénář eruptivní události

## 1. Vysokoenergetické elektromagnetické záření

- ▣ RTG a gama
- ▣ Ionizuje atmosféru, poruchy komunikací a GPS
- ▣ Osm a půl minuty po erupci

## 2. Protonová bouře

- ▣ Nebezpečná pro astronauty, zvyšuje radiační zátěž pilotů atd.
- ▣ Diferenciální nabíjení družic
- ▣ 23 minut až dvě hodiny

## 3. Koronální ejection hmoty

- ▣ Poruchy magnetosféry
- ▣ Výpadky družic, výpadky sítí
- ▣ 20 hodin až tři dny

# Polární záře

- Výsledek interakce částic slunečního větru s atomy a molekulami v atmosféře (srážková excitace)
  - Velký příkon, až 600 GW
- Nejčastěji v okolí polárních kruhů
- Probíhají téměř symetricky na jižní a severní polokouli
- Naprosto neškodné, ruší krátkovlnné spojení, umožňuje spojení dlouhovlnné



*24. 9. 2006, British Columbia, Kanada*

# Dopady aktivity na Zemi

- Vznik napětí na dlouhých vedeních
  - Rozpad energetických sítí
  - Koroze ropovodů
- Ovlivnění rádiového spojení
  - Letecký provoz!
- Navigace
  - Těžební plošiny
  - Radiomajáky
- Falešné signály
- Elektronika
- Poškození kosmických družic
- Zvýšené radiační riziko pro kosmonauty, piloty, letušky
- Potenciální nebezpečí pro kybernetické implantáty
- Lidé citlivější na změny magnetického pole
  - Ale co NMR vyšetření?
- Ztráta orientace zvířat
  - Holubi (testováno!), delfíni, velryby

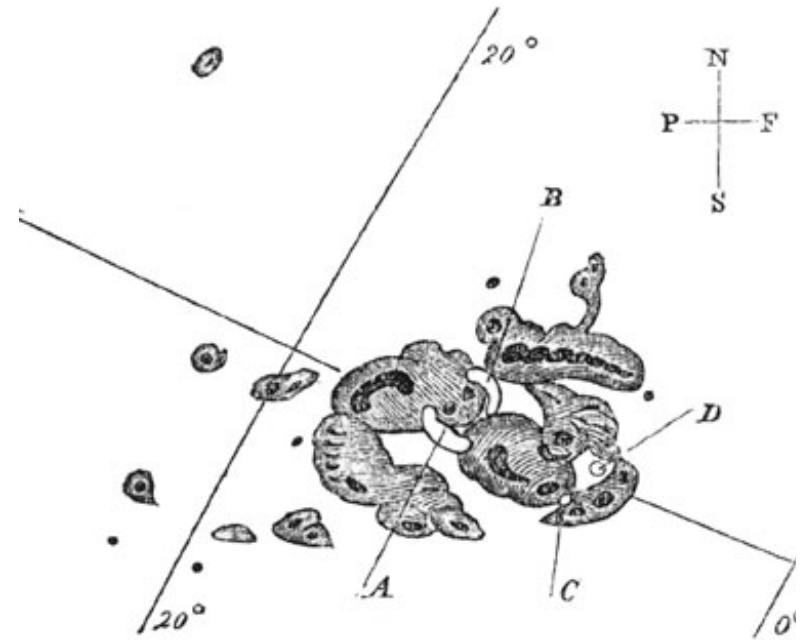


## Doložené historické události

Když sluneční aktivita způsobila škody na majetku nebo alespoň zanechala otisk v novinách

# Carrington Event (supererupce)

- První historicky doložená erupce z 1. 9. 1859
- Geomagnetická bouře následující dva dny.
- Polární záře až v Karibiku, horníci ve Skalistých horách snídali v domnění, že je ráno, bylo možné číst noviny
- Výpadek telegrafního spojení, popálení operátorů, některé linky posílaly falešné zprávy i bez napájení
- Dst index  $-1760$  nT



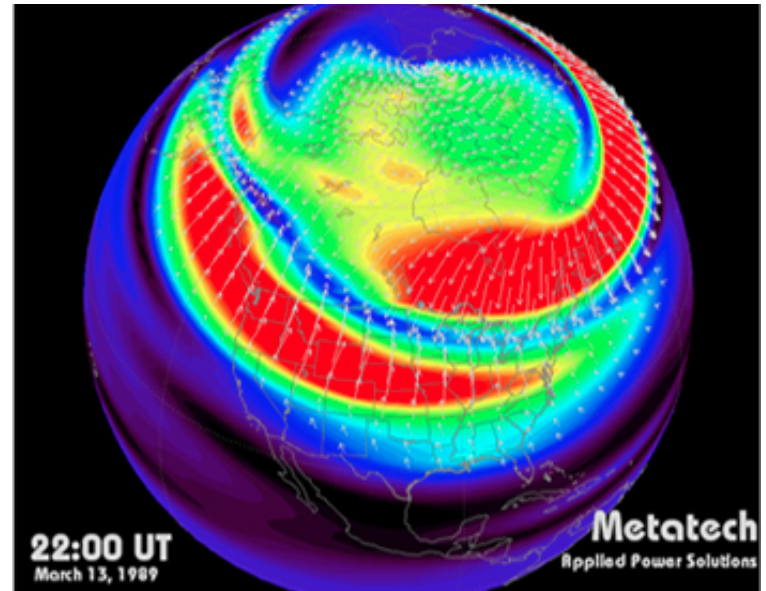


# 1921

- Geomagnetická bouře vyřadila 13. května 1921 městskou železnici v New Yorku.
  - Zřejmě od telegrafního vedení vyhořela kontrolní věž
- Kompletní výpadek telegrafní sítě na východě USA
- Rozsáhlé poruchy (“vyhořelá elektronika”) telefonní sítě ve Švédsku
- Poruchy transkontinentálních kabelů

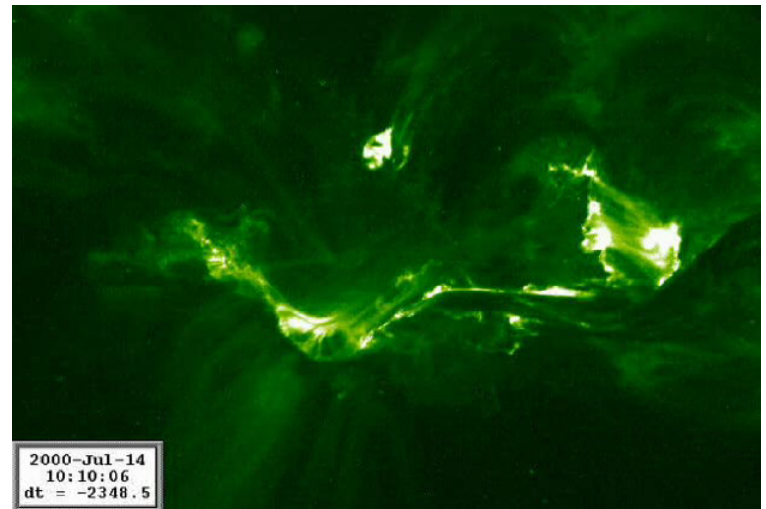
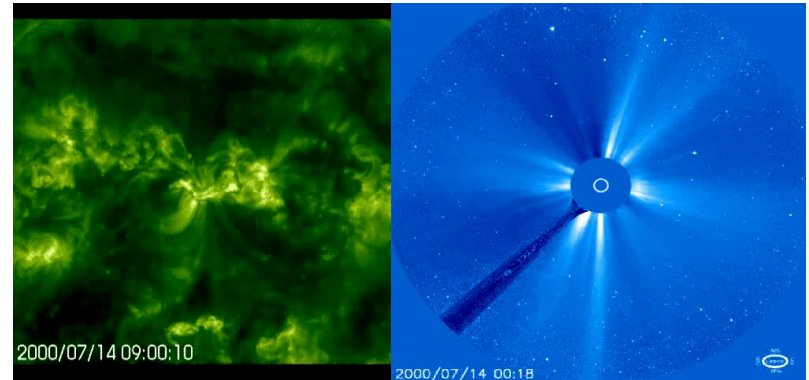
# Québec Blackout

- 13. březen 1989 rozsáhlá geomagnetická bouře jako výsledek série erupcí a CME
- Rozpad energetické sítě v Québecu, kompletní blackout trval 9 hodin
  - Izolující kamenné podloží
  - Rozpad trval řádově sekundy
  - Vyhořelo několik transformátorů
  - Celkové škody \$6 milionů
- Vyhořelý 500 kV transformátor v New Jersey
- Dva vyhořelé 400 kV transformátory ve Velké Británii

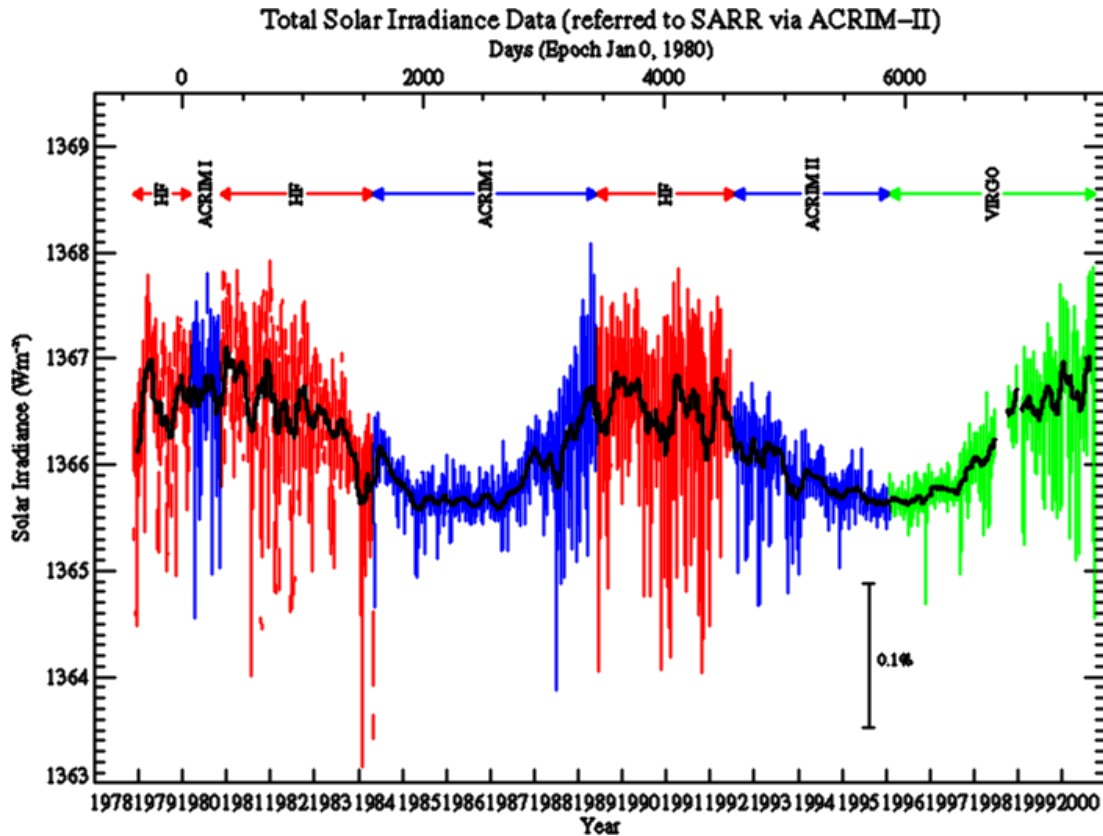


# Bastille Day Event

- Erupce třídy X5 14. 7. 2000
  - Protonová erupce
  - Na středu disku, tedy dobře sledovaná
  - Naprosto zahltila EIT@SOHO a udělala měření nepoužitelnými
- Doprovázena geomagnetickou bouří 15.-17.7.
- Dozvuky koronální ejekce hmoty detekovány přístroji na Voyager 1 a Voyager 2



# Změna celkového toku



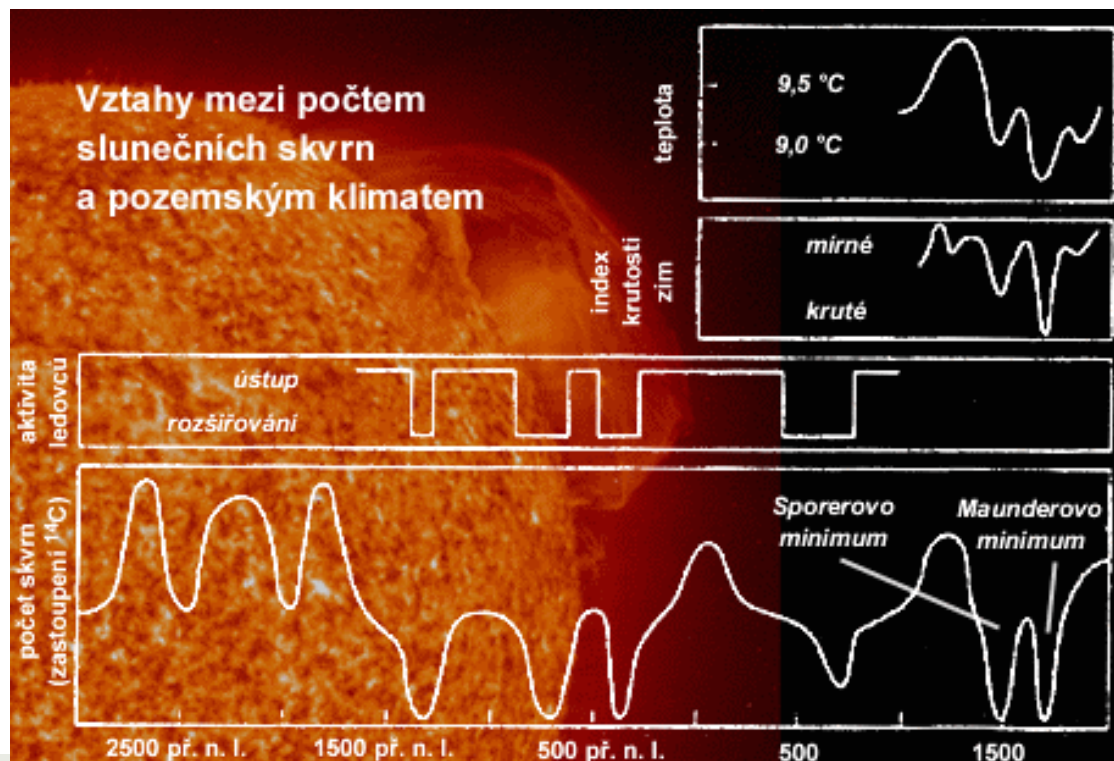
- Skvrny – pokles jasů ~0,1 %
- Fakule – zjasnění o ~0,1 %
- Fakule – na plochu cca 4× více než skvrn
  - maximum = vyšší příkon záření
- Sluneční konstanta ~  $1366 W m^{-2}$

# Další periody aktivity

- Gleissbergův cyklus
  - 87 let, modulace amplitudy cyklu
- De Vriesův
  - 205 let
- Hallstattův
  - 2300 let
- Erupční perioda
  - 140—170 (154) dní
- Silná perioda ~ 27 dní!
- + aperiodická složka
  
- Periody nemají fyzikální základ, nereprodukuje se v modelech

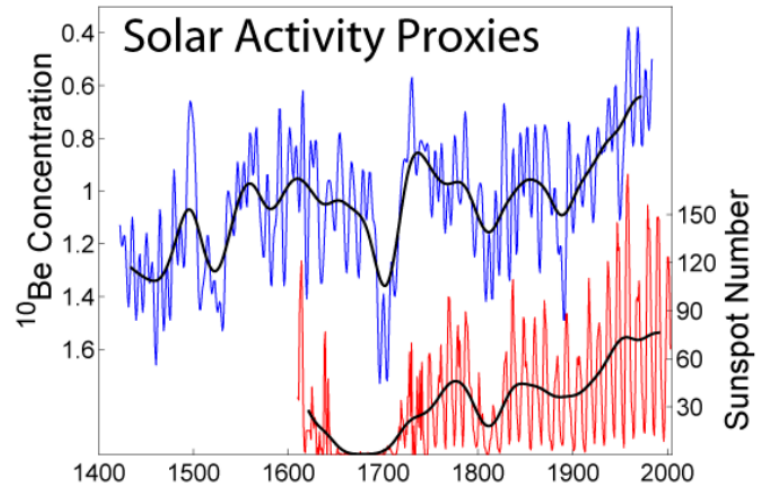
# Souvislost s klimatem

- 10.–13. století: teplé klima, Grónsko – zemědělská kolonie (Green-land)
- 13. století: ochlazování
- 1645–1715: Malá doba ledová (Maunderovo minimum)

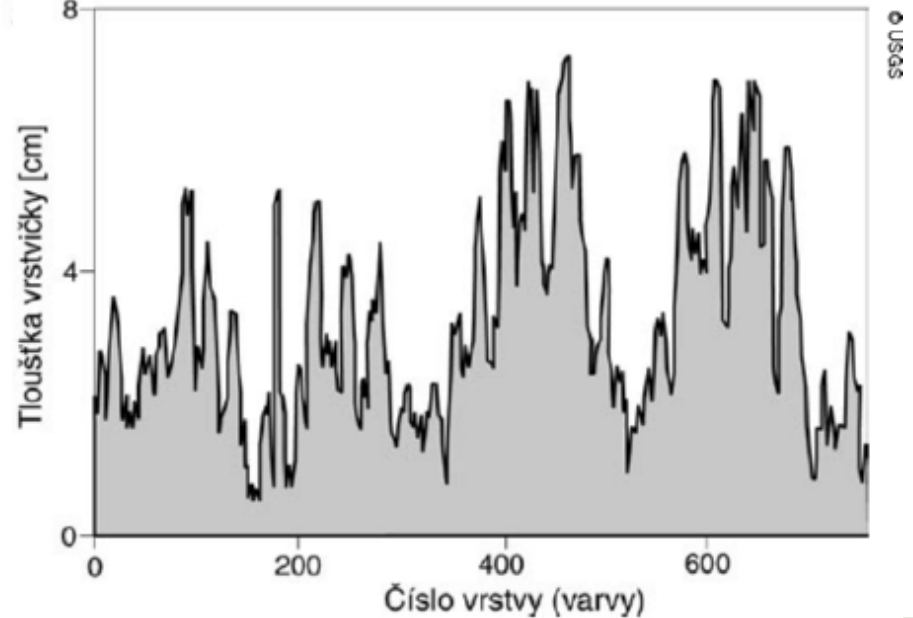
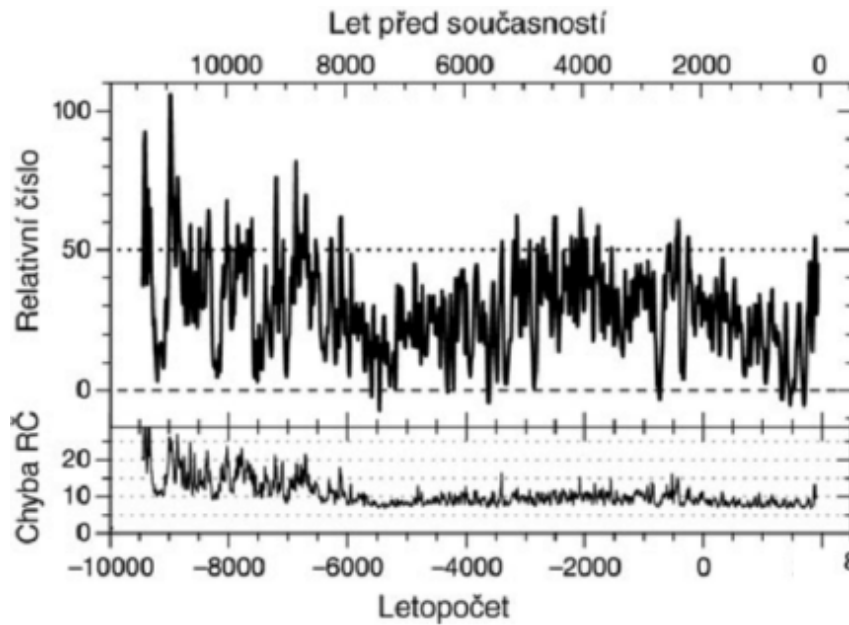


# Proxy sluneční aktivity ( $^{14}\text{C}$ )

- $^{14}\text{C}$ , izotopy Be: kosmogenní prvky
- Zřejmě galaktický původ, při zvýšené sluneční aktivitě ztrácí energii a jejich pronikavost do zemské magnetosféry je menší
- Vyšší aktivita = méně  $^{14}\text{C}$
- Izotopy lze nalézt v ledovcích, letokruzích stromů
- Geologické vrstvy mapující obecně klimatickou teplotu



# Dlouhodobá periodicita

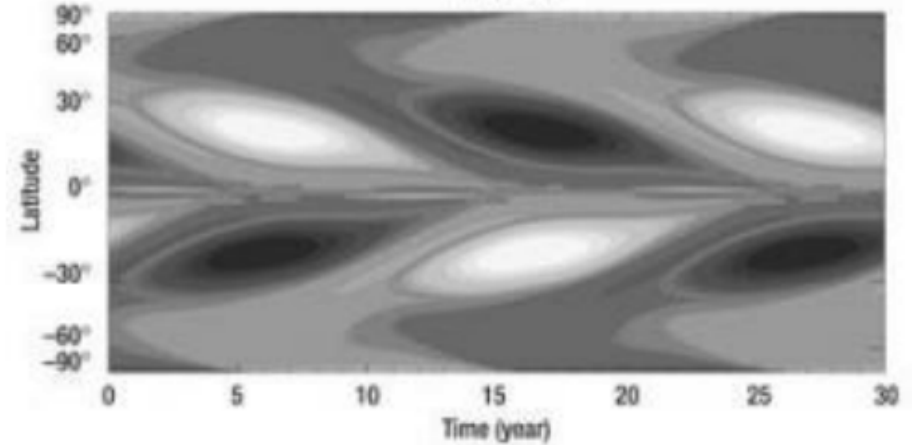
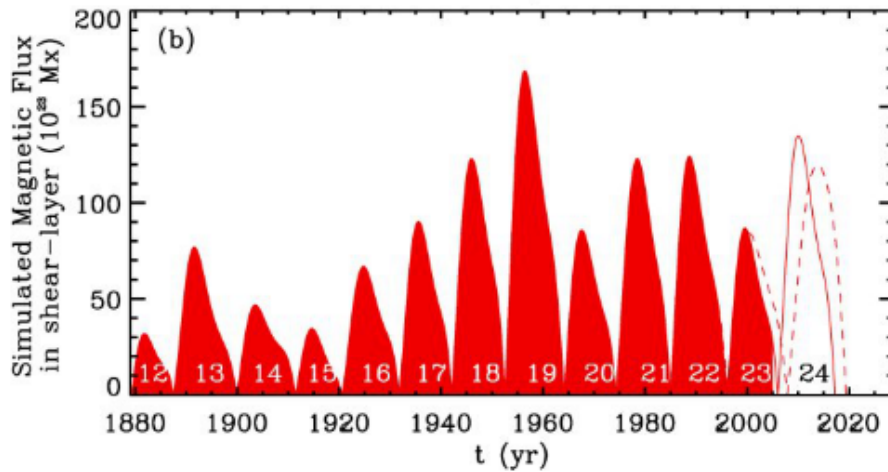
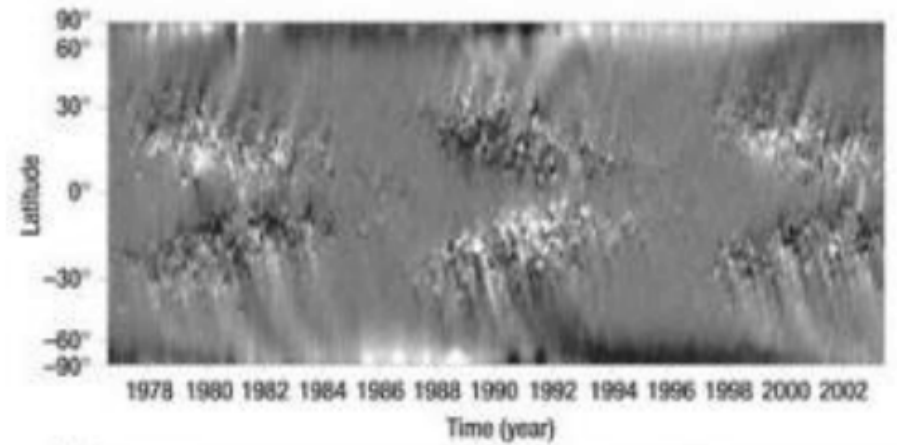
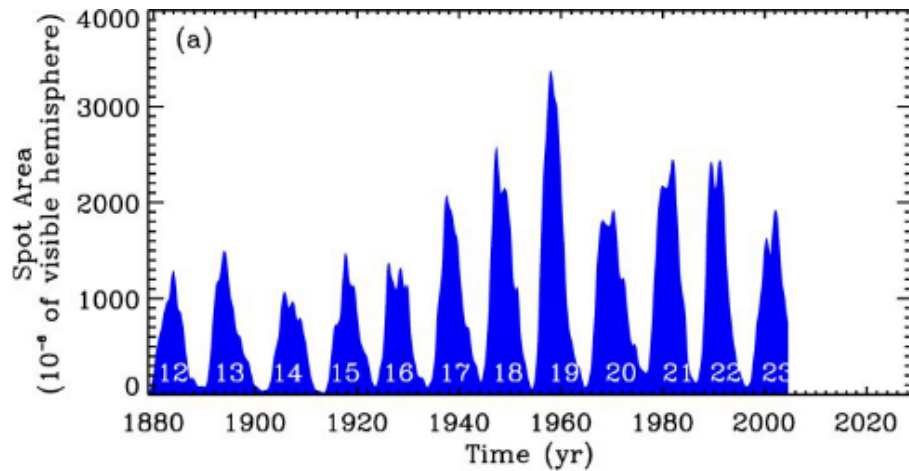




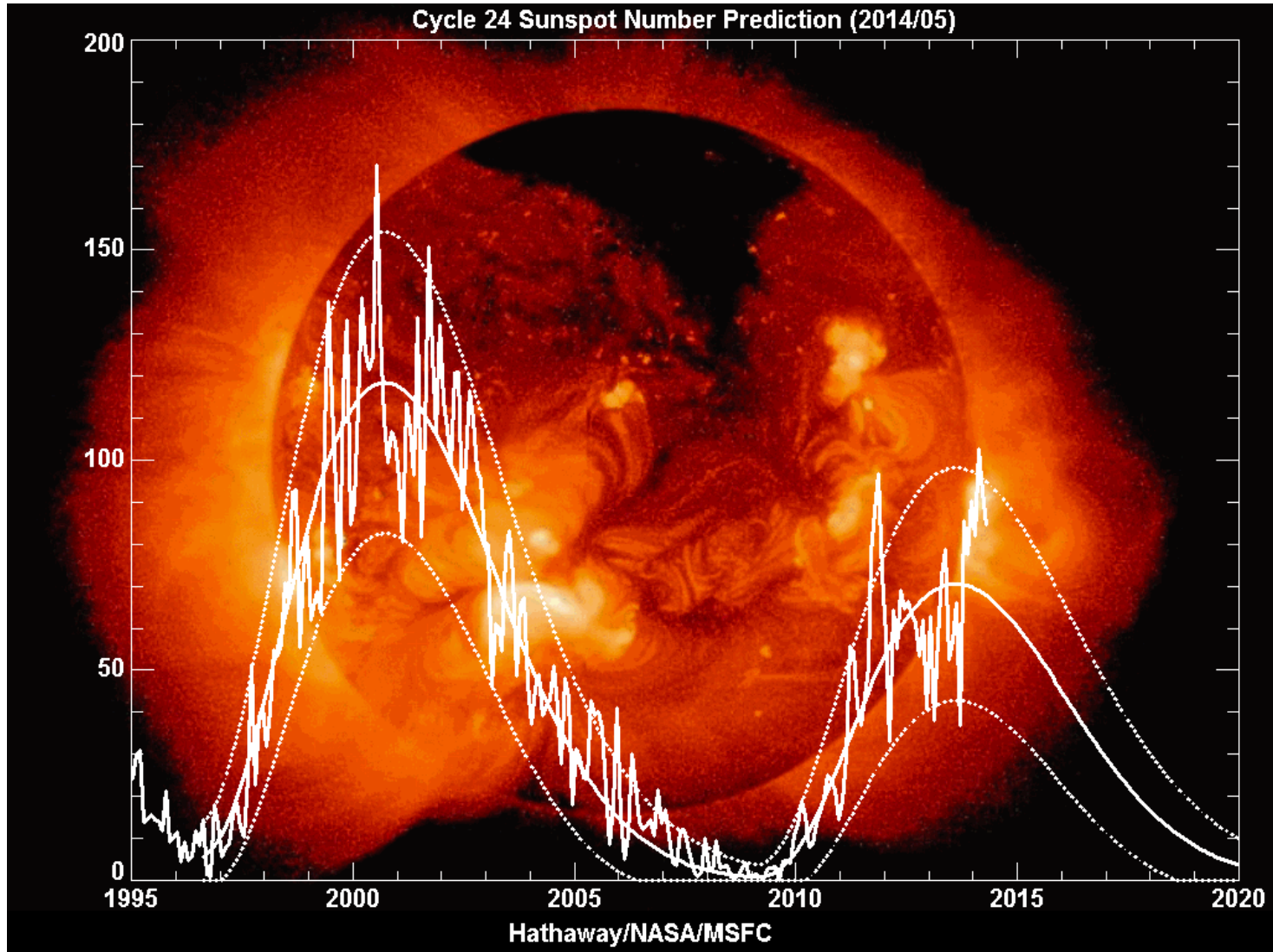
# Metody předpovědí aktivity

- Předpovědi aktivity
  - Krátkodobé – extrapolace založené na zkušenosti, „pozorování“ odvrácené strany
    - Úspěšnost ~ 85 % na týden
  - Dlouhodobé
    - Matematická funkce modelující vývoj indexu aktivity
      - Předpověď = extrapolace
    - Fyzikální model beroucí principy, kalibruje se na pozorování
      - Předpověď = vývoj modelu do budoucna
- Sluneční aktivita ovlivňuje techniku – z důvodu plánování je nutné mít alespoň odhad
  - NASA a plánování misí a pobytů ve volném kosmu
  - Energie – ostražitost před výpadky
  - Družice – možné poruchy, přechod do bezpečného režimu

# Kalibrovaný flux-transport model (Dikpati et al.)



# A realita?





**Naprostý konec**