13. Sluneční cykly, předpovědi aktivity

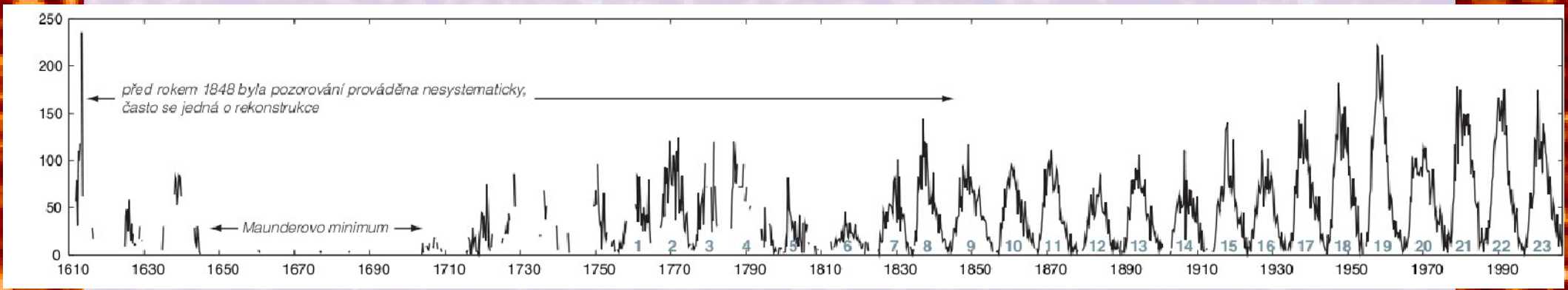
Sluneční fyzika
LS 2007/2008

Michal Švanda

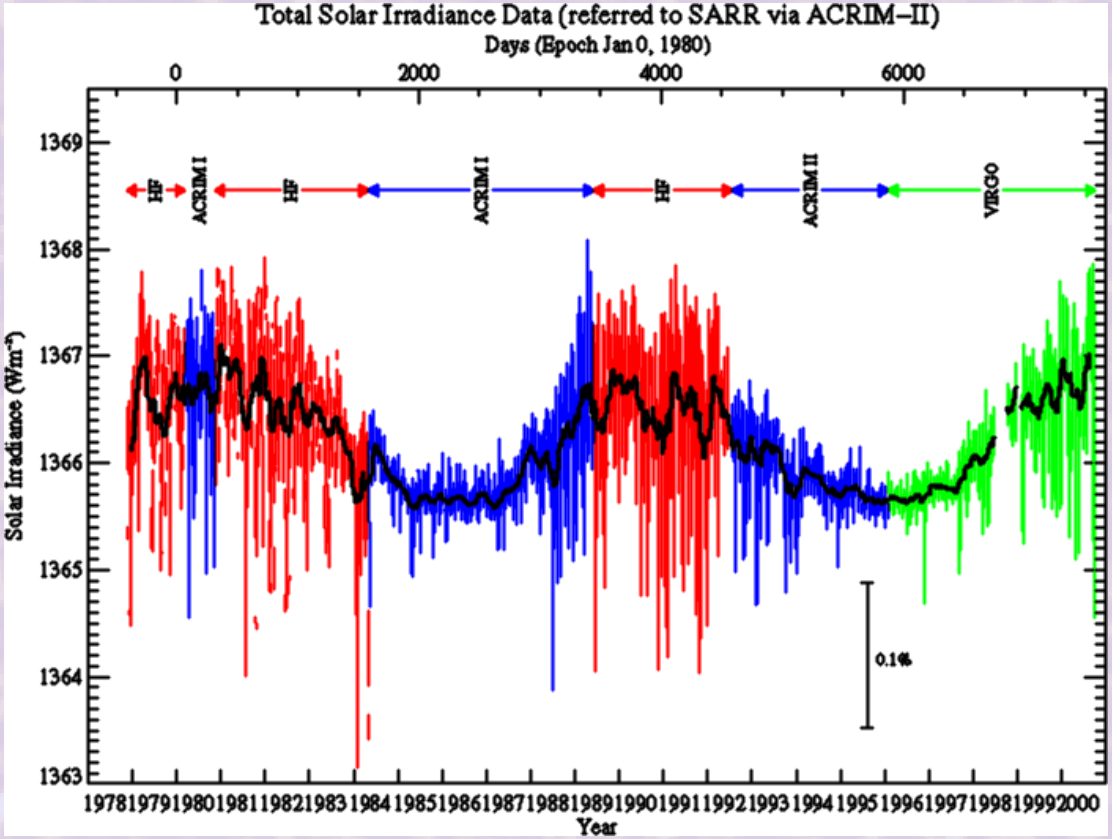
Astronomický ústav MFF UK
Astronomický ústav AV ČR

Základní cyklus aktivity

- 11letý, objeven 1834 Heinrichem Schwabem
- Změna počtu slunečních skvrn a jejich skupin
- Relativní číslo: $R=k(10g+f)$ – 1848 Rudolf Wolf
- Skutečná perioda je 22 let, včetně změny polarity (Hale)
- Reprodukuje se ve všech aktivních projevech (skvrny, erupce, geomagnetické bouře, filamenty, fakulová pole, ...)



Změna celkového toku (skvrny vs. fakulová pole)



- Skvrny – pokles jasu ~0,1 %
- Fakule – zjasnění o ~0,1 %
- Fakule – na plochu cca 4× více než skvrn
  - → maximum = vyšší příkon záření

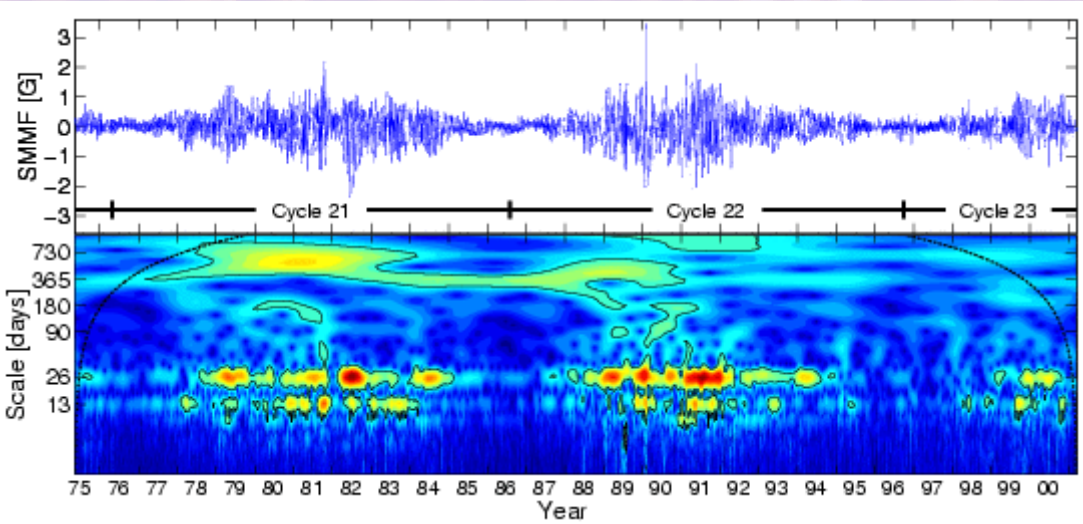
Sluneční konstanta ~ 1366 W m^{-2}

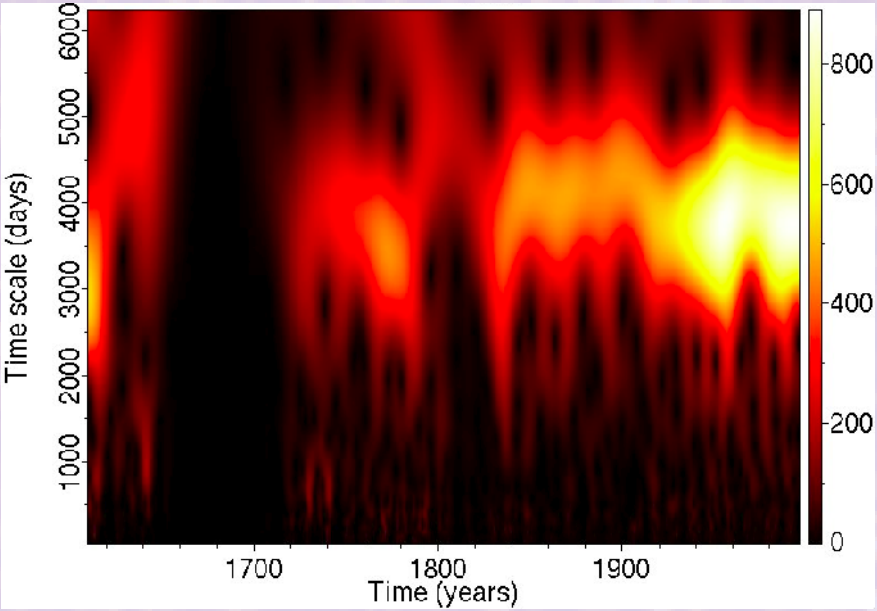
Další periody aktivity

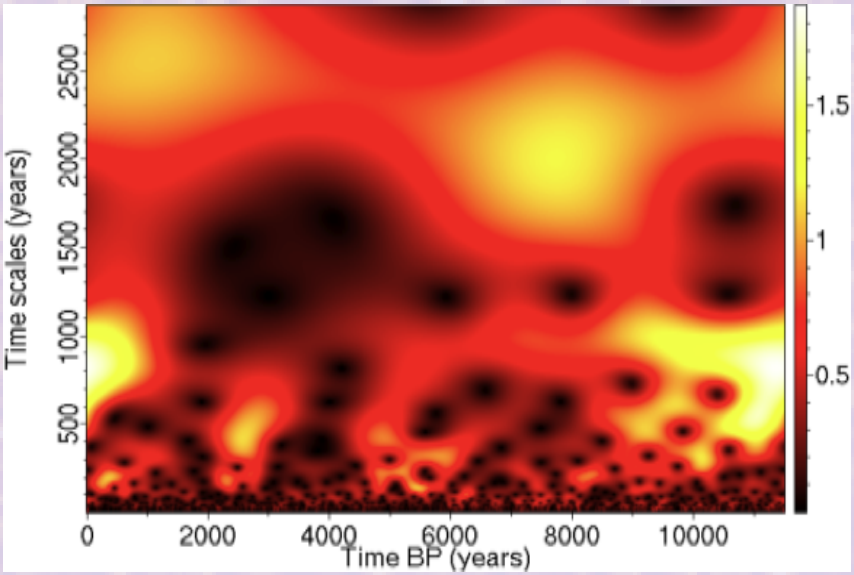
- Gleissbergův cyklus
  - 87 let, modulace amplitudy cyklu
- De Vriesův
  - 205 let
- Hallstattův
  - 2300 let
- Erupční perioda
  - 140—170 (154) dní
- Silná perioda ~ 27 dní!
- + aperiodická složka

- Periody nemají fyzikální základ, nereprodukují se v modelech

Waveletogramy

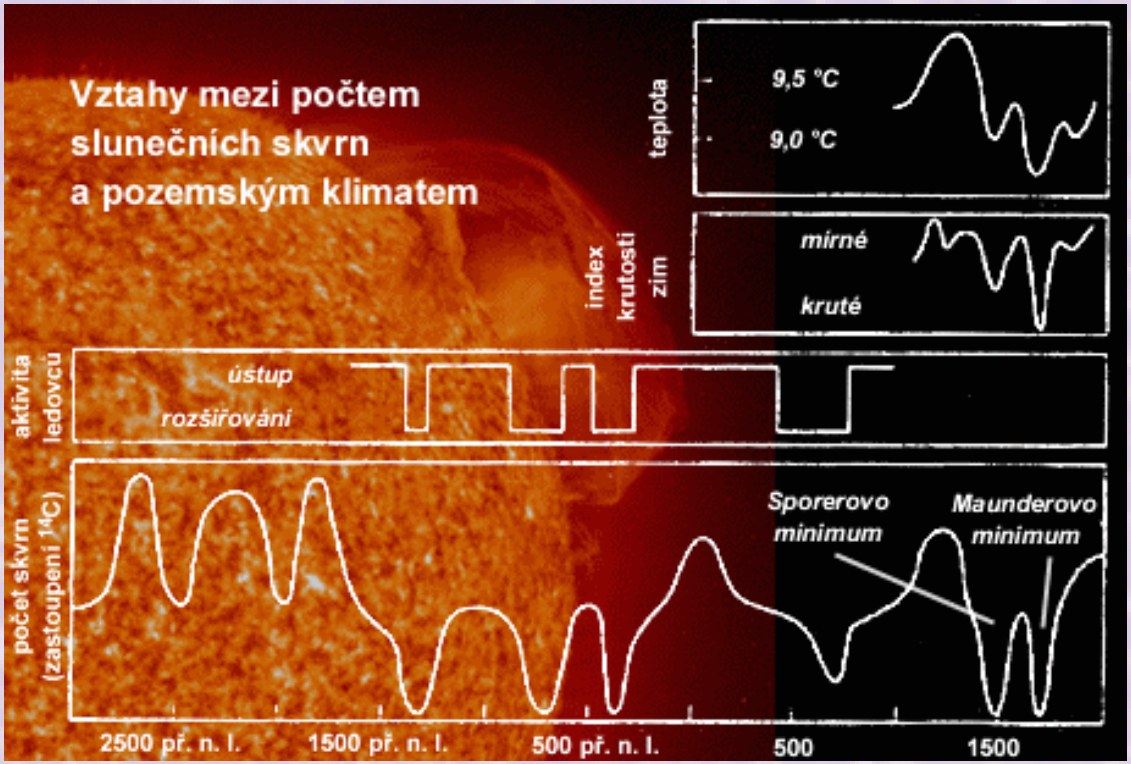






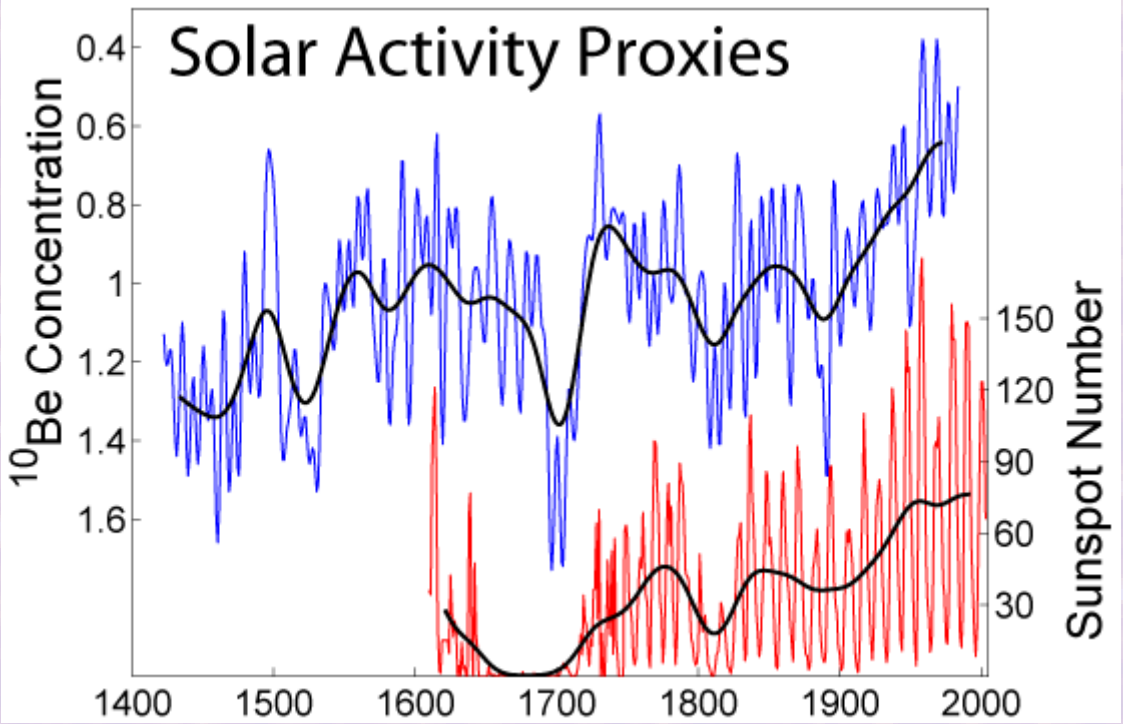
Souvislost s klimatem

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



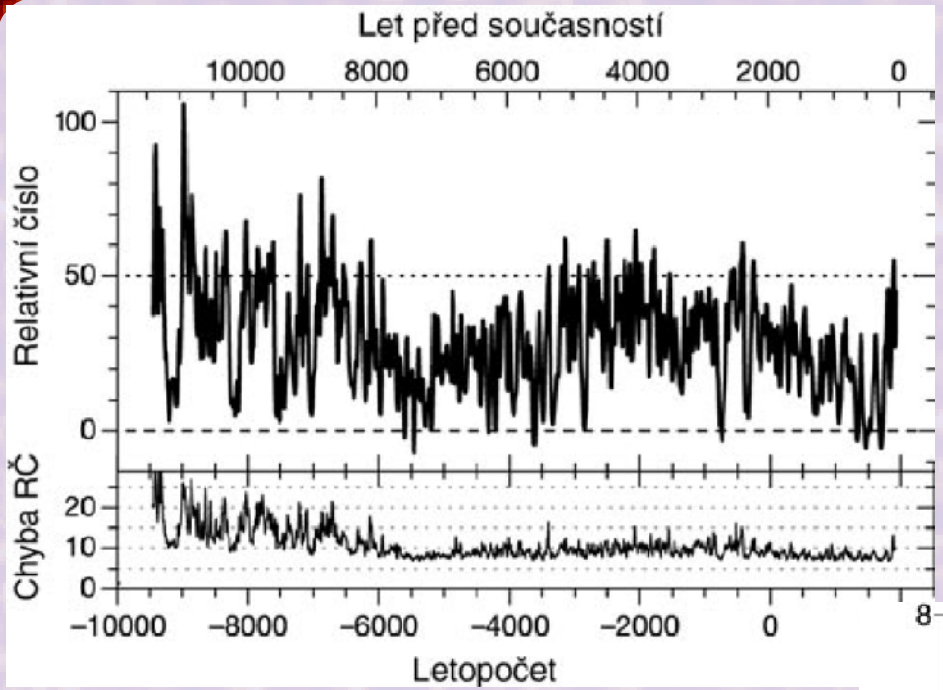
Proxy sluneční aktivity (^{14}C)

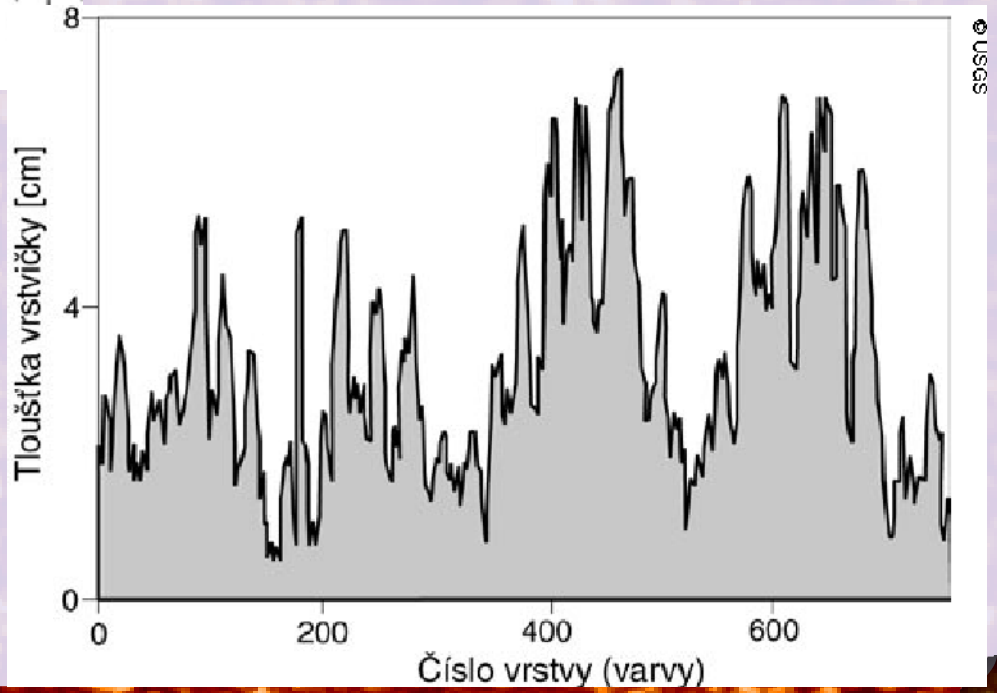
- ^{14}C, izotopy Be: kosmogenní prvky
  - Zřejmě galaktický původ, při zvýšené sluneční aktivitě ztrácí energii a jejich pronikavost do zemské magnetosféry je menší
  - Vyšší aktivita = méně ^{14}C



  - Izotopy lze nalézt v ledovcích, letokruzích stromů
- Geologické vrstvy mapující obecně klimatickou teplotu

Dlouhodobá periodicita

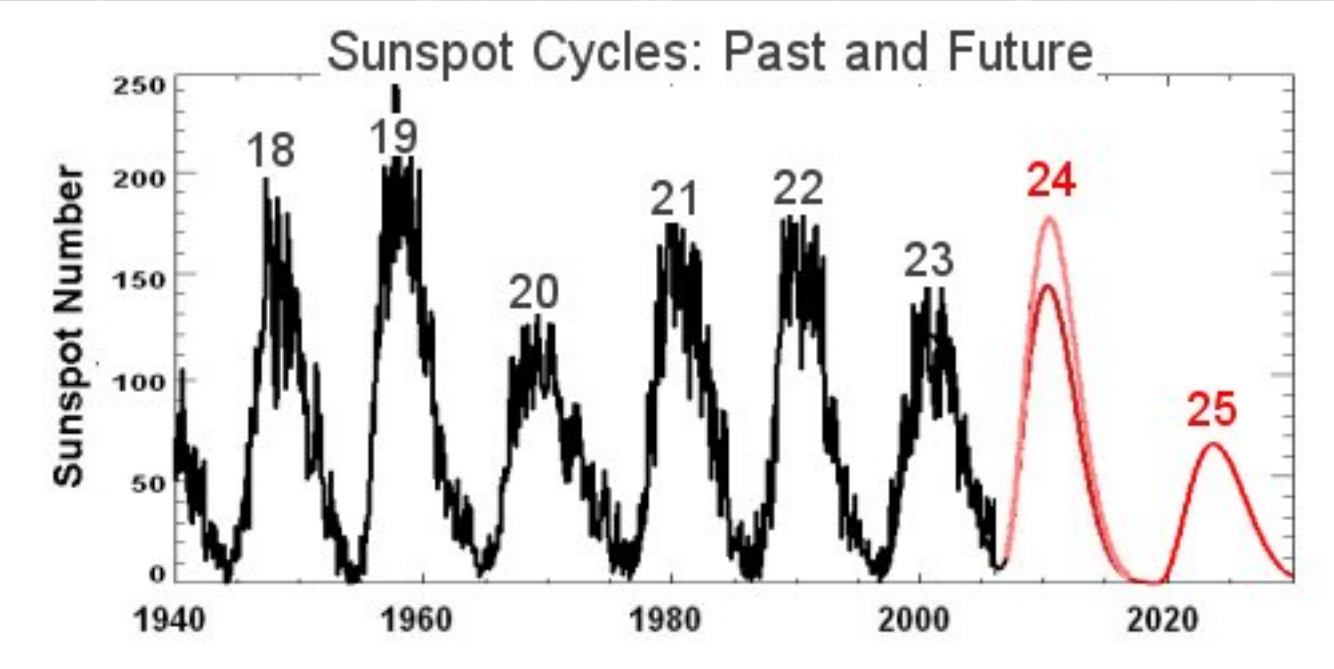


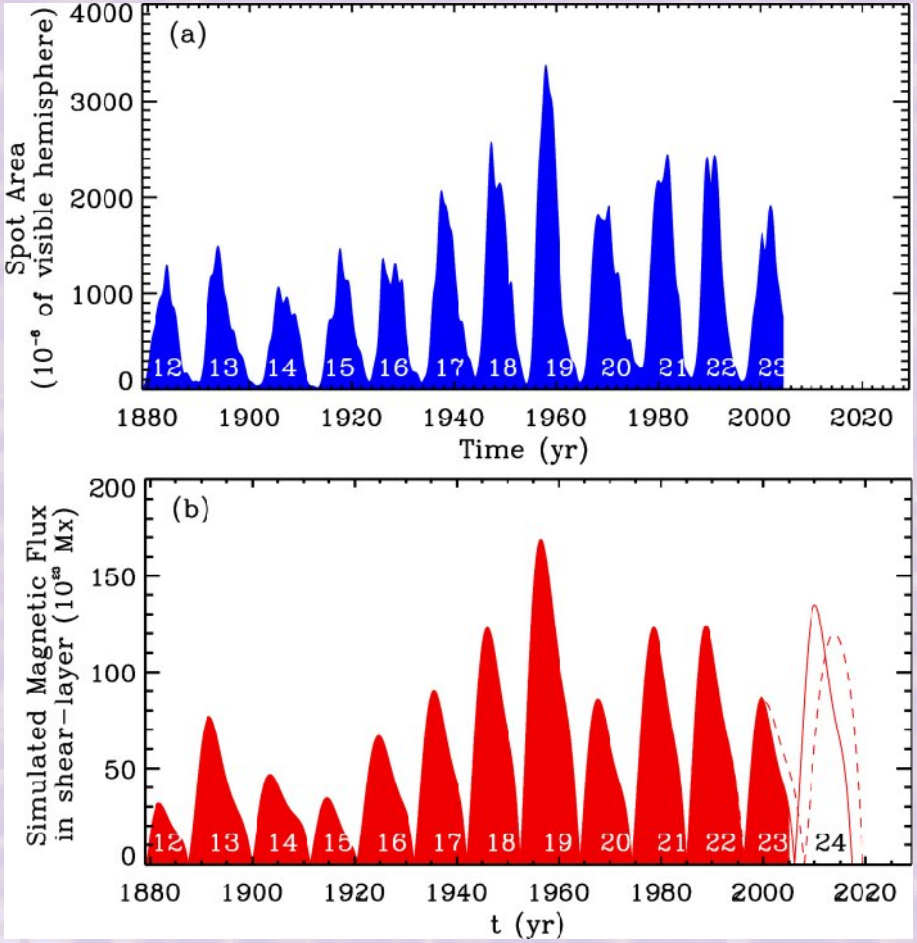
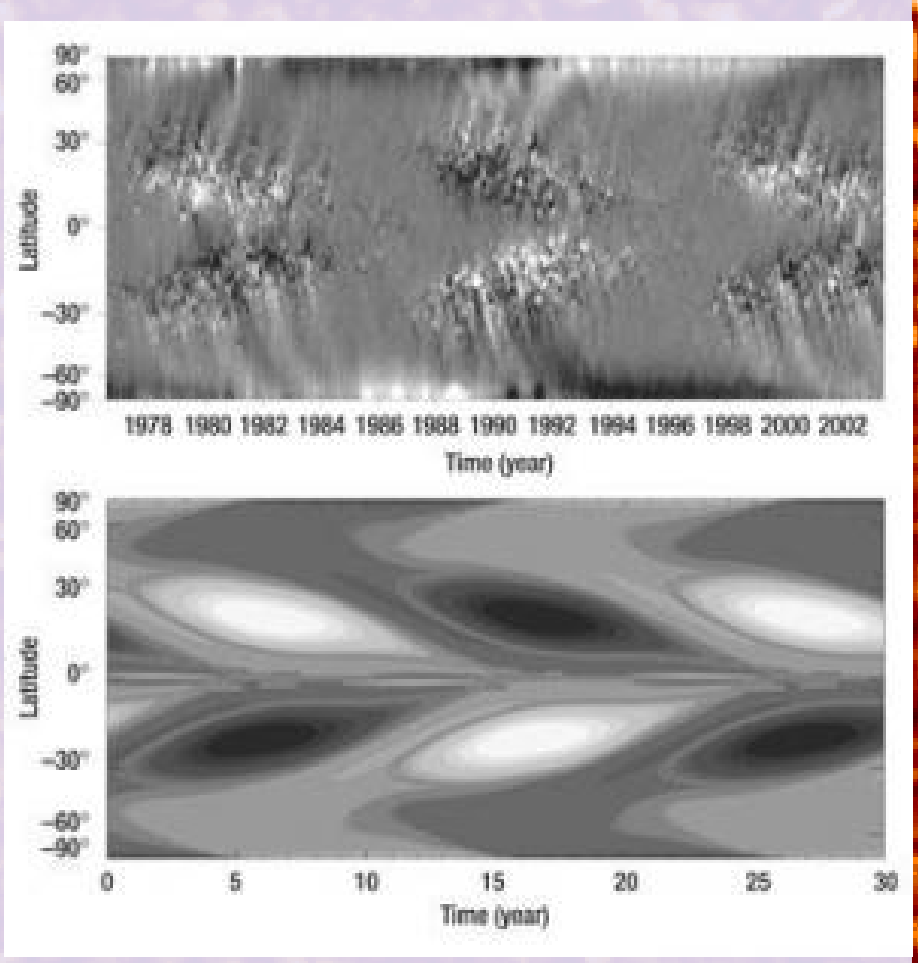


Metody předpovědí aktivity

- 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

Dikpati, Gilman, de Toma



- Kalibrovaný model založený na odnosu magnetického pole (*flux-transport*) meridionálním prouděním (*meridional flow dominated*)
- Předpověď 24. a 25. cyklu

Kalibrovaný flux-transport model (Dikpati et al.)