

Maa kytmisest Holotseenis (statistiline lähendus)

Olavi Kärner

28. 01. 2015

Olemasolevad aegread lubavad hinnata Maa kytmise ja reaktsiooni muutlikkuse struktuuri statistiliste mudelite kaudu. Olulised read saadaval kahel tasemel.

Mõõdetud päevased read:

Päikseplekkide pindala (SSpA) 1978 -2012 (Baranyi et al. 2001)

Päiksekiirgus (TSI-PMOD) 1978 -2013 (Fröhlich 2009)

Stockholmi õhutemperatuur 1756 - 2012 (<http://eca.knmi.nl>)

Hinnatud pikaajalised read:

Päikseplekkide (Wolfi) arv viimased 11000 aastat (Solanki et al. 2005)

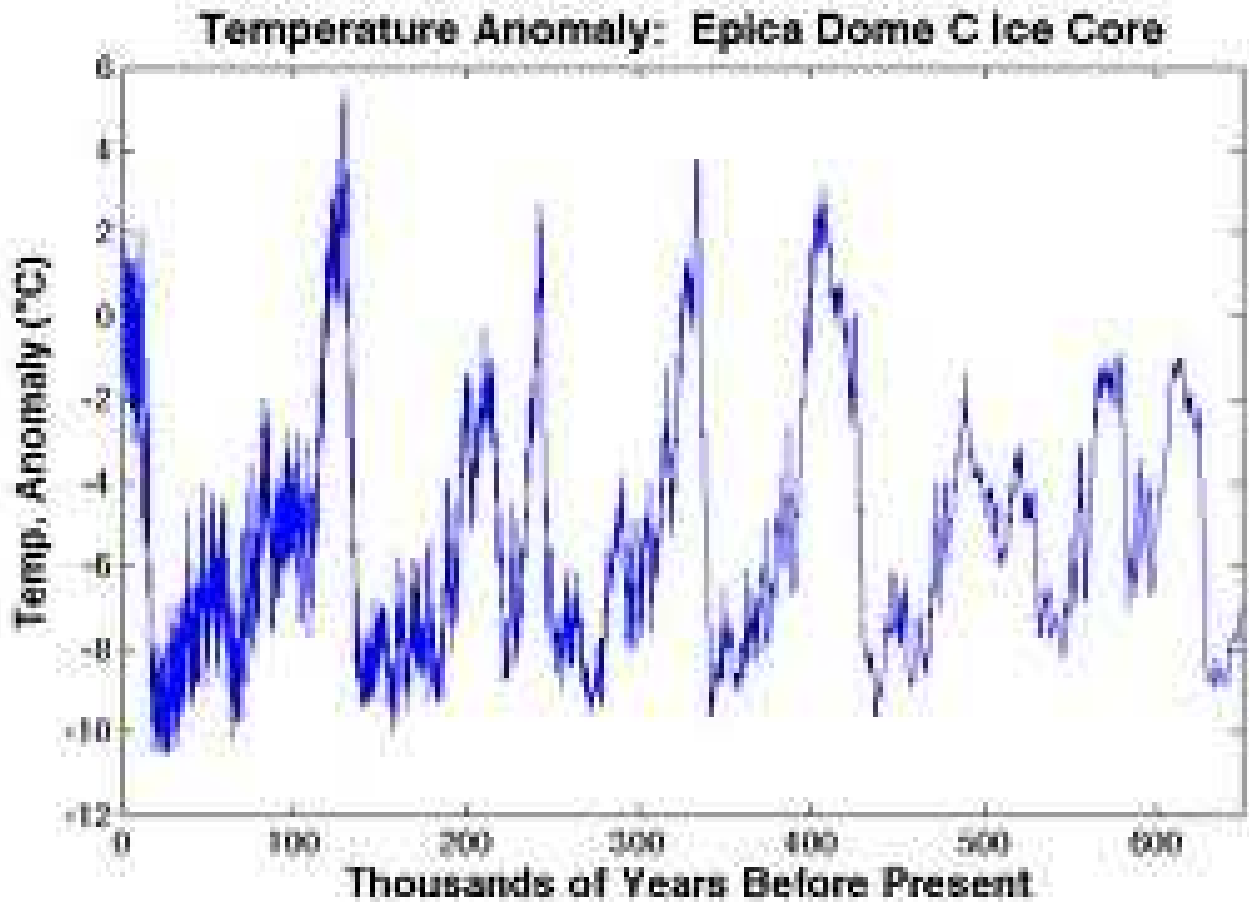
TSI 9300 aastat 5-aastase sammuga (Steinhilber 2009)

TSI 9300 aastat aastase sammuga (Shapiro 2011)

Dome C (Antarktika) temperatuuri viimased 10 000 aastat (Jouzel et al. 2007)



EPICA Dome C jaam Antarktikas

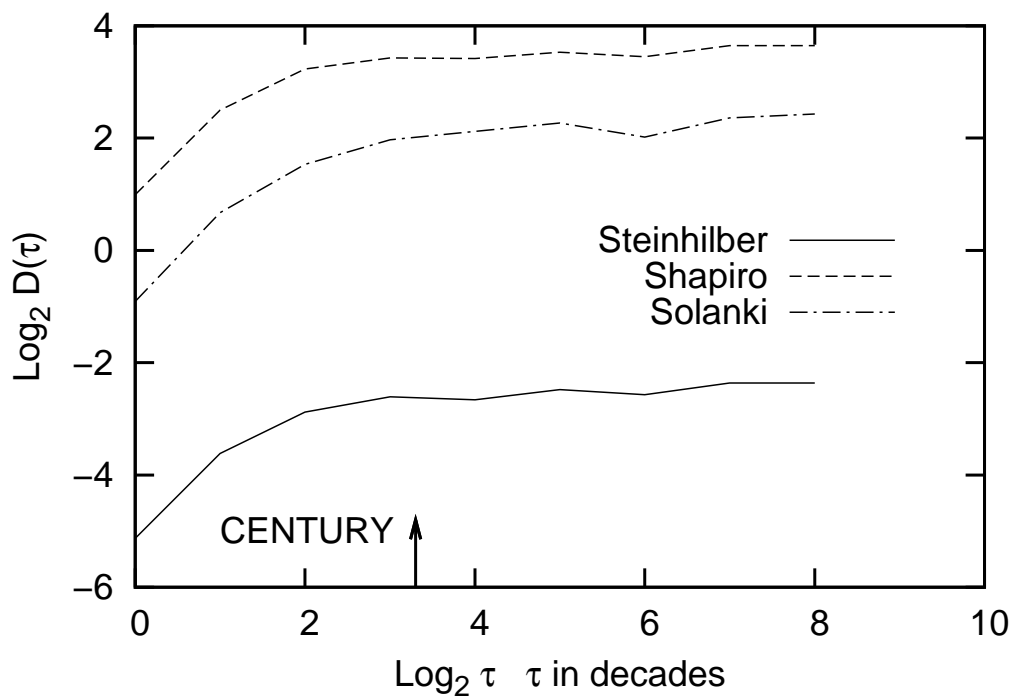
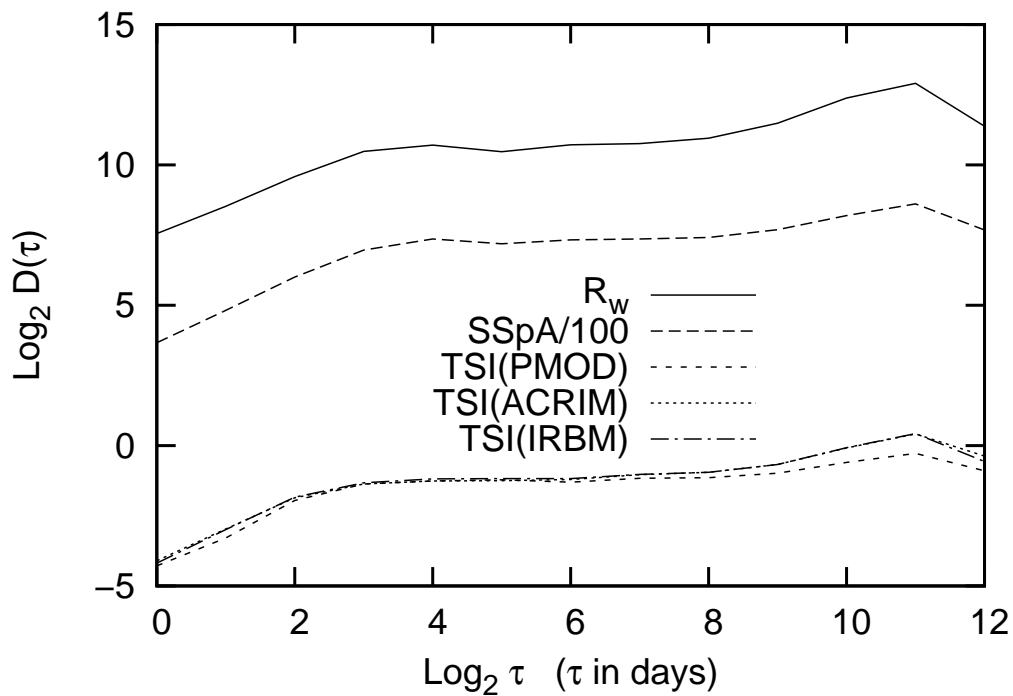


Kõrge lahutusega deuteeriumi profiili järgi taastatud temperatuuri anomaalia rida viimase 800 000 aasta kohta (Jouzel et al. 2007). Siin kasutusel ebayhtlase sammuga rida viimase 10 000 aasta kohta, mis sobitatud 40 aastase sammuga võrku.

Mudelleerimisel peab teadma rea liikmete vahelist sõltuvust. Et ridade statsionaarsus pole kindel, on seda sobiv uurida eeldusel, et rea muudud on statsionaarsed ja kasutades struktuurfunktsiooni, ehk rea $X(t)$ muudu $X(t + \tau) - X(t)$ teise momendi sõltuvust muudu ulatusest τ :

$$D(\tau) = \frac{1}{n - \tau} \sum_{t=1}^{n-\tau} [X(t + \tau) - X(t)]^2. \quad (1)$$

Oluline on scaling $D(\tau) \propto \tau^{2H}$, kus $0 < H < 1$ teatud τ 'st alates. See näitab τ ulatust, kus kehtib ligikaudne enesesarnasus, ehk sama mudel nende muutude jaoks (Kärner 2009).

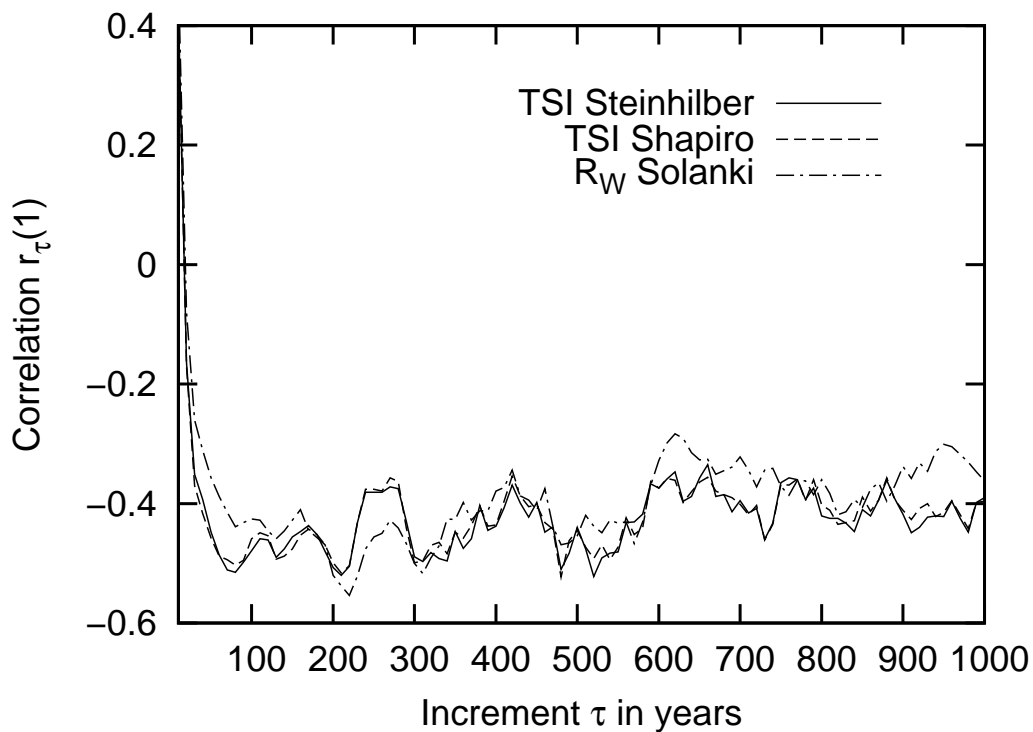
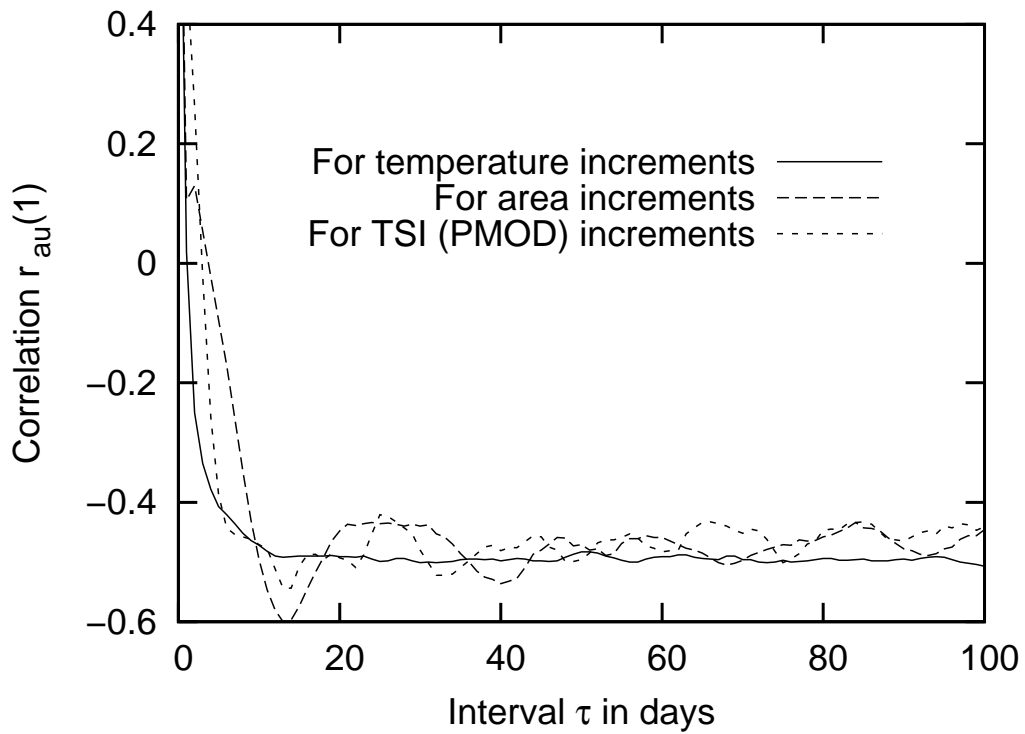


Log/log graafik $D(\tau)$ kasvust Päikese aktiivsusega seotud päevastest ridadest, kus $1 < \tau < 4096$ päeva (ylemine pann) ja aastastest ridadest, kus $10 < \tau < 2560$ aastat (alumine pann). Päikese aktiivsuse 11-aastane tsykkel moonutab ylemise panni scalingut veidi.

Teine mudeli sobitamiseks oluline funktsioon on rea järjestikuste muutude vaheline korrelatsioon $r_\tau(1)$. Selle arvutamiseks jagame algrea osaridadeks yle muudu sammu τ

$$x_j(t) = X((t + 1)\tau + j) - X(t\tau + j). \quad (2)$$

kus $j = 1, 2, \dots, \tau$ on osarea number. Algrida $X(t)$ kus $t = 1, 2, \dots, n$ on jagatud τ 'ks ilma yhisosata osareaks igayks pikkusega $N = [n/(\tau)] - 1$. Siin $[a]$ näitab reaalarvu a täisosa. Järjestikuste muutude vaheline korrelatsioon on arvuliselt võrdne osaridade $x_j(t)$ kus $j = 1, \dots, \tau$ keskmise autokorrelatsiooniga nihke yks korral.



Järjestikuste muutude vahelised korrelatsioonid kui muudu samm kasvab 1 kuni 100 päevani (ylemine pann) ja 1 kuni 1000 aastani (alumine pann). $D(\tau)$ väikse eksponendiga scalingule vastab kõikumine konstantse taseme $r_{\tau}(1) = -0.45$ ymber.

Selgelt nullist erinev $r_\tau(1)$ väärtus soovib MA(1) mudelit üle pikema kui originaalrea sammu. Siin on sammuks τ 56 päeva esimesel ja 40 aastat teisel juhul.

Siis saame muutude mudeli

$$X(t) - X(t - 1) = a(t) - \Theta_1 a(t - 1), \quad (3)$$

kus $a(t)$ on valge myra ja Θ_1 sobitatud kordaja. Liites mõlemad pooled üle $t, t - 1, \dots, -\infty$, saame mudeli X 'i jaoks:

$$X(t) = \Lambda \sum_{i=1}^{\infty} a(t - i) + a(t), \quad (4)$$

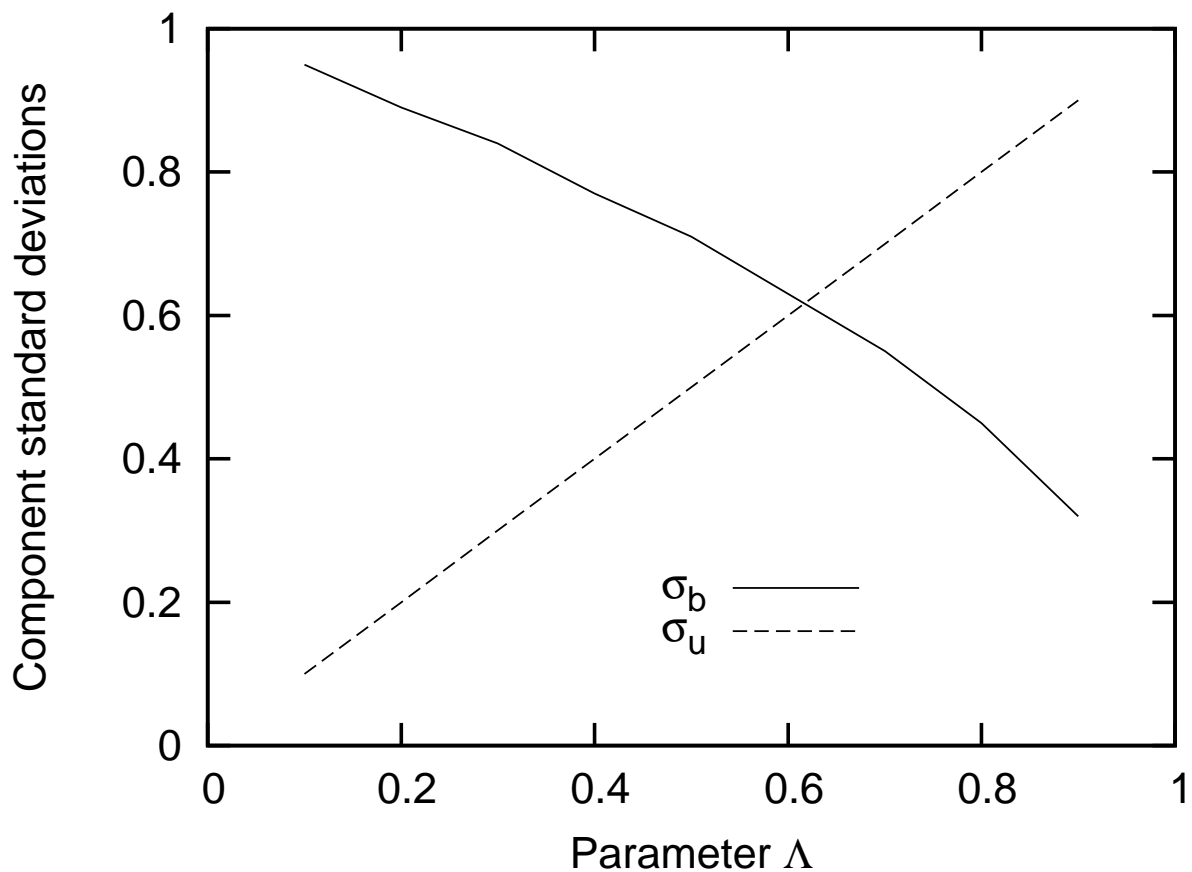
kus $\Lambda = 1 - \Theta_1$. Saadud IMA(0,1,1) mudel sõltub kahest parameetrist, Λ ja σ_a^2 .

IMA(0,1,1) protsess on formaalselt esitatav summana (Box et al. 1994):

$$X(t) = Y(t) + b(t), \quad (5)$$

kus $Y(t) = \sum_{i=1}^{\infty} u(t - i)$ on mittestatsionaarne jõlkumine generaatoriga $u(t)$ mis on valge myra. Ka teine komponent $b(t)$ on valge myra, sõltumatu protsessist $u(t)$. Liidetavate protsesside dispersioonid on avaldatavad IMA(0,1,1) parameetrite Λ ja σ_a^2 abil (Box et al. 1994):

$$\begin{aligned} \sigma_b^2 &= (1 - \Lambda)\sigma_a^2 \\ \sigma_u^2 &= \Lambda^2\sigma_a^2 \end{aligned} \quad (6)$$



Võrrandid (7) selgitavad, et IMA(0,1,1) on protsess mis yhendab valge myra jölkumisega, kui Λ kasvab nullist yheks (joonisel on $\sigma_a^2 = 1$):

$\Lambda < 0.1$ tähendab, et protsess on ligikaudu statsionaarne

$\Lambda \approx 1$ tähendab, et protsess on ligikaudu jölkumine generaatoriga $a(t)$.

Tegelike TSI ja temperatuuri ridade korral on $0 < \Lambda < 1$.

Olulised muutlikkuse näitajad Λ ja σ_u/σ_b kytmise ja reaktsiooni ridade jaoks.

Allikas	Pikkus	Samm	Λ	σ_u/σ_b
Shapiro	9.3 ky	40 aastat	.123	.13
Steinhilber	9.3 ky	40 aastat	.130	.14
DOME C	10 ky	40 aastat	.079	.08
SSpA	1978-2012	56 päeva	.293	.35
TSI(PMOD)	1978-2013	56 päeva	.261	.36
Stockholm	1756-2012	56 päeva	.030	.03

kolm taset mittestatsionaarsust:

1. $\sigma_u/\sigma_b < 0.1$ lokaalne temperatuur ligikaudu stationaarne.
2. $\sigma_u/\sigma_b \approx 0.13$ Holotseeni TSI ridadel.
3. $\sigma_u/\sigma_b \approx 0.35$ kaasaja TSI ja SSpA ridadel

Järeldused

- Sama mudel nii SSpA, TSI, kui temperatuuri jaoks näitab, et Päikese aktiivsus juhatab kliimasüsteemi muutlikkust praegu ja on seda teinud kogu Holotseeni ulatuses.
- Sobitatud temperatuuri mudelid ei toeta milligagi maailmakuulsat AGW teooriat. Ja see on loomulik, sest CO₂ kontsentratsiooni tõusu aastane kiirguslik efekt on tyhine Maa kiirgusbilansi juhusliku kõikumisega võrreldes.
 1. Aastane bilanss kõigub kuni 5Wm⁻² ulatuses, sest teda mõjutavad nii langeva Päiksekiirguse voo, kui Maa albeedo muutlikkused, mis on teineteisest sõltumatud. (e.g Loeb et al. 2009).
 2. CO₂ kontsentratsiooni kahekordistumisele vastab ca 4 Wm⁻² ja see võtab aega ca 150 aastat. Aastane kiirguslik efekt on ca 4/150=0.027 Wm⁻², mis kergesti summutatakse loodusliku muutlikkuse poolt.

References Baranyi T et al. (2001) *Mon Not R Astron Soc*, **323**, 223-

Box GEP et al.(1994) *Time Series Analysis. Forecasting and Control*. Third edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ

Frohlich C. (2009) *A&A*, **501**, 27

Jouzel J et al. (2007) EPICA Dome C Ice Core 800KYr Deuterium Data and Temperature Estimates. IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology Data Contribution Series 2007-091. NOAA/NCDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA.

Kärner O (2009) *J Atmos Solar Terr Phys*, **71**, 841-847

Loeb NG et al. (2009) *J Climate*, **22**, 748-766

Shapiro AI et al. (2011): *A&A* **529**, A67

Solanki SK et al. (2005) 11,000 Year Sunspot Number Reconstruction. IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology Data Contribution Series No 2005-015. NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA

Steinhilber F et al. (2009) *Geophys Res Lett*, **36**, L19704