



# AURINGON AKTIIVISUUS – MINNE OLLAAN MATKALLA?

TONI VEIKKOLAINEN

AURINKOKUNTATAPAAMINEN

TÄHTIKALLIO, ORIMATTILA

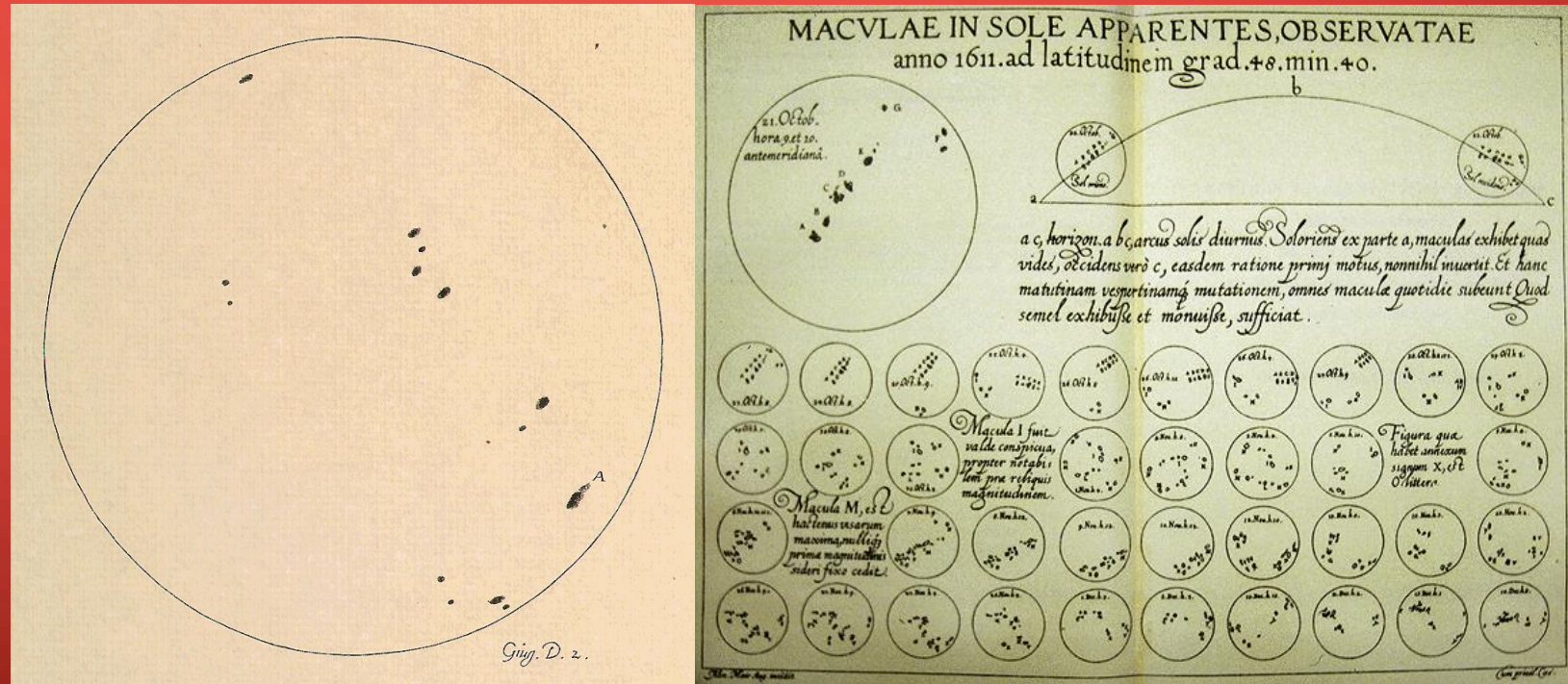
25.2.2017

# PILKKUHAVAITSEMISEN HISTORIAA

- Kiinassa oli sopivissa olosuhteissa pystytty näkemään auringonpilkkuja paljain silmin jo ennen nykyisin ajanlaskun alkua
- Myöhemmin länsimaissa yksittäinen tumma piste Auringon suunnalla helposti tulkittiin ohikulkeväksi Merkuriukseksi
- Kaukoputken keksimisen myötä systemaattiset havainnot auringonpilkuista alkoivat 1610-luvun alkupuoliskolla
- On edelleen epäselvää, ehtikö Thomas Harriot havaitsemaan pilkkuja ennen Galileo Galileitä, joka äkkiä ajautui opilliseen riitaan Christoph Scheinerin kanssa

# GALILEI YMMÄRSI AURINGON EPÄTÄYDELLISYYDEN, MUTTA...

Scheinerin mielestä tummat kohdat Auringon pinnalla olivat vain ohikulkevia kohteita. Oikealla Scheinerin havaintoja, vasemmalla Galilein piirros.



# AKTIIVISUUDEN JAKSOLLISUUS LÖYTYI

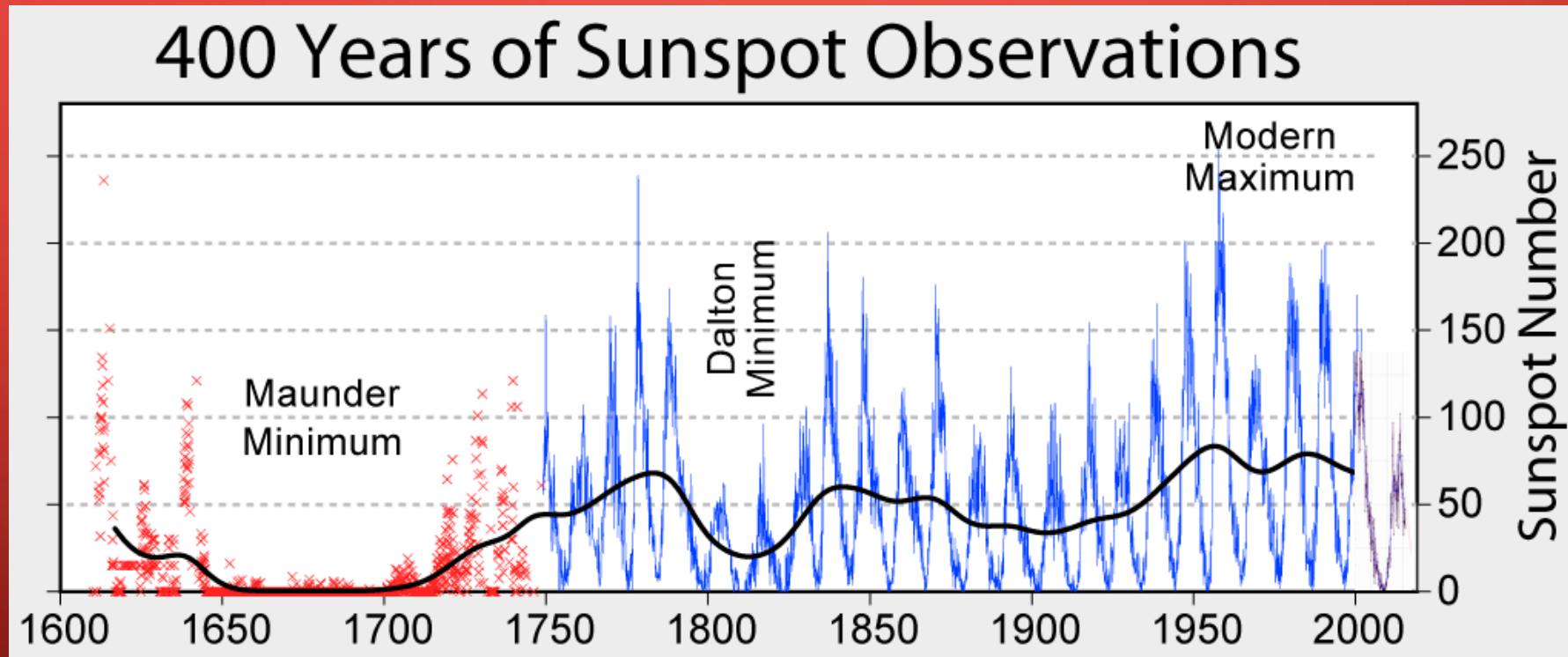
- Auringon aktiivisuuden 11-vuotisen jaksollisen vaihtelun havaitsi ensimmäisenä saksalainen Samuel Schwabe (1789-1875) vuonna 1843
- Schwabe oli erityisesti kiinnostunut löytämään Merkuriuksen sisäpuolelta planeetan, joka voisi selittää Merkuriuksen radan epäsäännöllisyyden
- Hän jätti apteekkarin työnsä ja teki Auringosta tuhansia havaintopiirroksia, jotta pystyi erottamaan planeettaa etäisestikin muistuttavat kohteet pinnalta
- Hypoteettista Vulkanukseksi nimettyä planeettaa ei pitkästä etsimisestä (1826-1867) huolimatta kuitenkaan löytynyt

# PILKKUJAKSOJA ALETTIIN NUMEROIDA

- Sveitsiläinen Rudolf Wolf (1816-1893) käsitteli Schwaben (8486 piirrosta!) ja muiden tutkijoiden havaintoja
- Hän rekonstruoi Auringon aktiivisuushistoriaa taaksepäin ja julkisti nimeään kantavan auringonpilkkuluvun  $R = k(10g + s)$  vuonna 1848
- Wolf päätti laskea aktiivisuusjaksoja aina pilkkuminimistä lähtien niin että vuodet 1755-1766 edustivat jaksoa 1 ja seuraaville jaksoille annettiin kasvava järjestysluku
- Schwabella oli yhteyksiä Englannin suuntaan (Richard Carrington) ja hänen havaintonsa lopulta päätyivät Royal Astronomical Societyn haltuun



# YHTENÄISET HAVAINTO SARJAT KASVOIVAT



| Jakso     | Alkoi (kk/v) | Päättyi (kk/v) | Kesto (v) | Maksimi-kk-ka | Maksimin ajankohta | Minimi-kk-ka (jakson loppu) | Pilkuttomat päivät | Huomioitavaa    |
|-----------|--------------|----------------|-----------|---------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------|
|           | 18/1755      | 3/1766         | 11.3      | 86.5          | 6/1761             | 11.2                        |                    |                 |
|           | 23/1766      | 8/1775         | 9.0       | 115.8         | 9/1769             | 7.2                         |                    |                 |
|           | 38/1775      | 6/1784         | 9.3       | 158.5         | 5/1778             | 9.5                         |                    |                 |
|           | 46/1784      | 6/1798         | 13.7      | 141.2         | 2/1788             | 3.2                         |                    |                 |
|           | 56/1798      | 9/1810         | 12.6      | 49.2          | 2/1805             | 0                           |                    | Daltonin minimi |
|           | 69/1810      | 12/1823        | 12.4      | 48.7          | 5/1816             | 0.1                         |                    | Daltonin minimi |
|           | 7 12/1823    | 10/1833        | 10.5      | 71.5          | 11/1829            | 7.3                         |                    | Daltonin minimi |
|           | 8 10/1833    | 9/1843         | 9.8       | 146.9         | 3/1837             | 10.6                        |                    |                 |
|           | 99/1843      | 3/1855         | 12.4      | 131.9         | 2/1848             | 3.2                         | ~655               |                 |
|           | 103/1855     | 2/1867         | 11.3      | 98            | 2/1860             | 5.2                         | ~406               |                 |
|           | 11 2/1867    | 9/1878         | 11.8      | 140.3         | 8/1870             | 2.2                         | ~1028              |                 |
|           | 129/1878     | 6/1890         | 11.3      | 74.6          | 12/1883            | 5                           | ~736               |                 |
|           | 136/1890     | 9/1902         | 11.9      | 87.9          | 1/1894             | 2.7                         | ~934               |                 |
|           | 149/1902     | 12/1913        | 11.5      | 64.2          | 2/1906             | 1.5                         | ~1023              |                 |
|           | 15 12/1913   | 5/1923         | 10.0      | 105.4         | 8/1917             | 5.6                         | 534                |                 |
|           | 165/1923     | 9/1933         | 10.1      | 78.1          | 4/1928             | 3.5                         | 568                |                 |
|           | 179/1933     | 1/1944         | 10.4      | 119.2         | 4/1837             | 7.7                         | 269                |                 |
|           | 181/1944     | 2/1954         | 10.2      | 151.8         | 5/1947             | 3.4                         | 446                |                 |
|           | 192/1954     | 10/1964        | 10.5      | 201.3         | 3/1958             | 9.6                         | 227                |                 |
|           | 20 10/1964   | 5/1976         | 11.7      | 110.6         | 11/1968            | 12.2                        | 272                |                 |
|           | 215/1976     | 3/1986         | 10.3      | 164.5         | 12/1979            | 12.3                        | 273                |                 |
|           | 223/1986     | 6/1996         | 9.7       | 158.5         | 7/1989             | 8                           | 309                |                 |
|           | 236/1996     | 1/2008         | 11.7      | 120.8         | 3/2000             | 1.7                         | 817                |                 |
|           | 24 1/2008    |                |           | 81.9          | 4/2014             |                             |                    |                 |
| Keskiarvo |              |                | 11.1      | 114.1         |                    | 5.8                         |                    |                 |

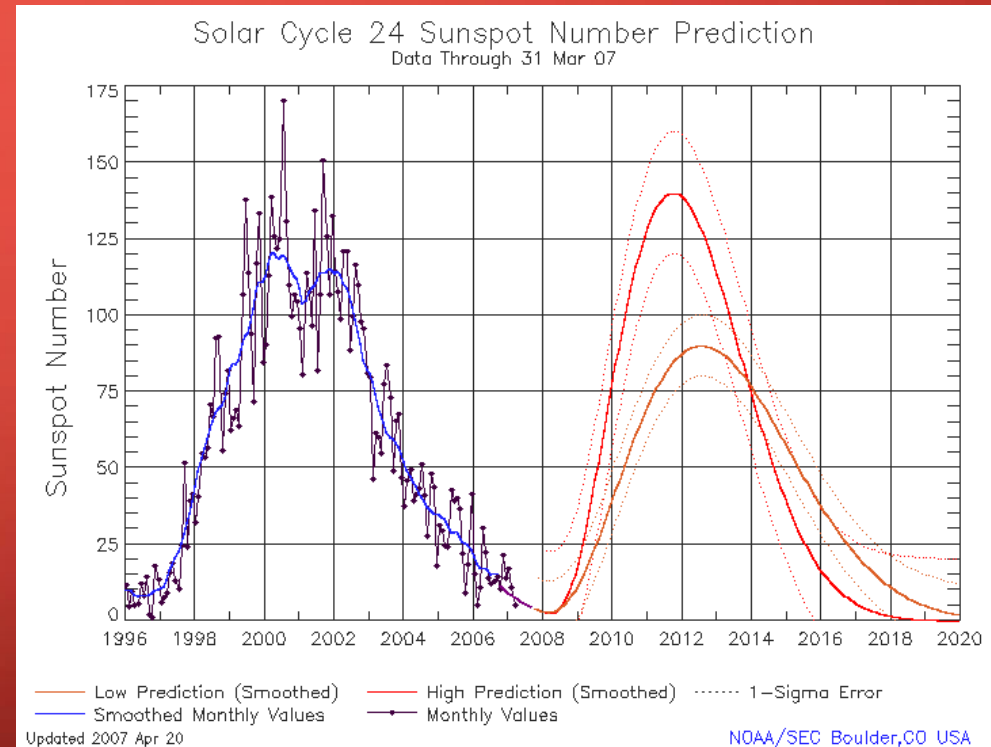
# PILKKULUVUN MONITOROINTI NYKYISIN

- Wolfin perintönä Zürichin observatorio oli vastuussa auringonpilkkulukujen julkaisemisesta aina vuoteen 1981 saakka
- Tuolloin vastuu siirtyi Solar Influences Data Analysis Centerille Belgian kuninkaallisen observatorion alaisuuteen
- Uusien ja vanhojen pilkkulukujen koherenssi varmistettiin käyttämällä eteläsveitsiläistä Locarno edelleenkin referenssiasemana
- Pilkkulukuja alettiin vuonna 1992 julkaista myös erikseen Auringon eri pallonpuoliskoille globaalin datan perusteella



# ENNUSTAMINEN EI OLE HELPPOA!

- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration):n alainen Space Weather Prediction Center laatii Auringon havaitun aktiivisuuden perusteella ennusteita
- Vuonna 2007 ennustettiin, että jakson 24 pilkkulukumaksimi on  $140 \pm 20$  (10/2011) tai  $90 \pm 10$  (8/2012)



# EIKÄ JAKSONMÄÄRITYSKÄÄN...

- Suhteellisen selvää on vain se, että pilkkuluvun nousu jakson alkupuolella on lähes aina nopeampaa kuin lasku jakson loppupuolella!

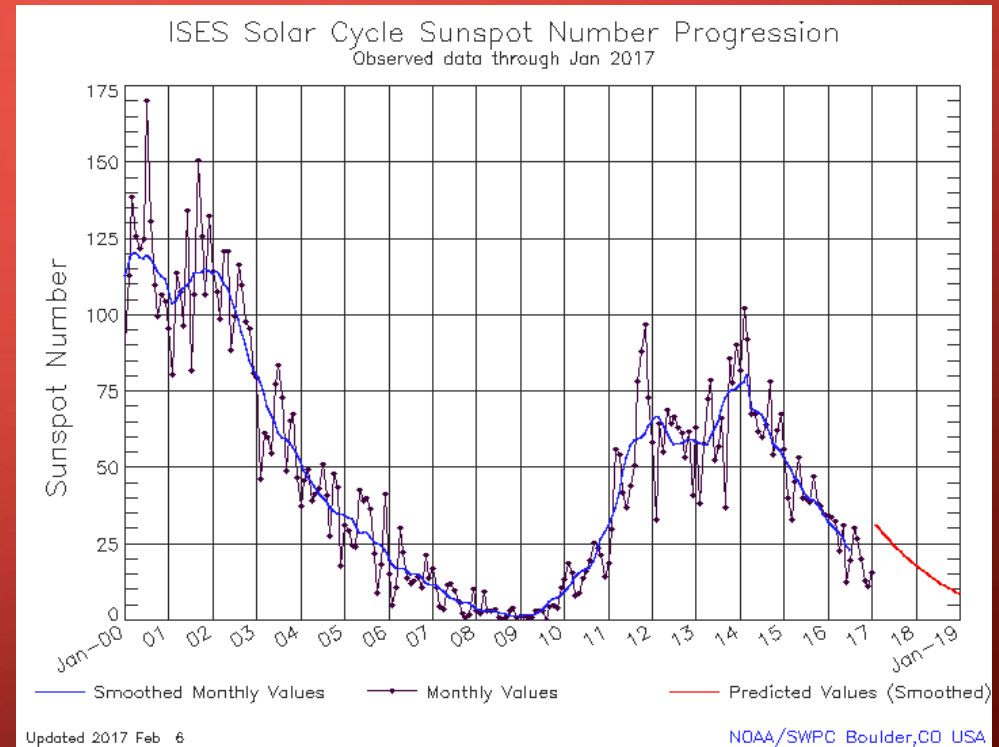
May 8, 2009

## Solar Cycle 24 Prediction Update

May 8, 2009 -- The Solar Cycle 24 Prediction Panel has reached a consensus decision on the prediction of the next solar cycle (Cycle 24). First, the panel has agreed that solar minimum occurred in December, 2008. This still qualifies as a prediction since the smoothed sunspot number is only valid through September, 2008. The panel has decided that the next solar cycle will be below average in intensity, with a maximum sunspot number of 90. Given the predicted date of solar minimum and the predicted maximum intensity, solar maximum is now expected to occur in May, 2013. Note, this is a consensus opinion, not a unanimous decision. A supermajority of the panel did agree to this prediction.

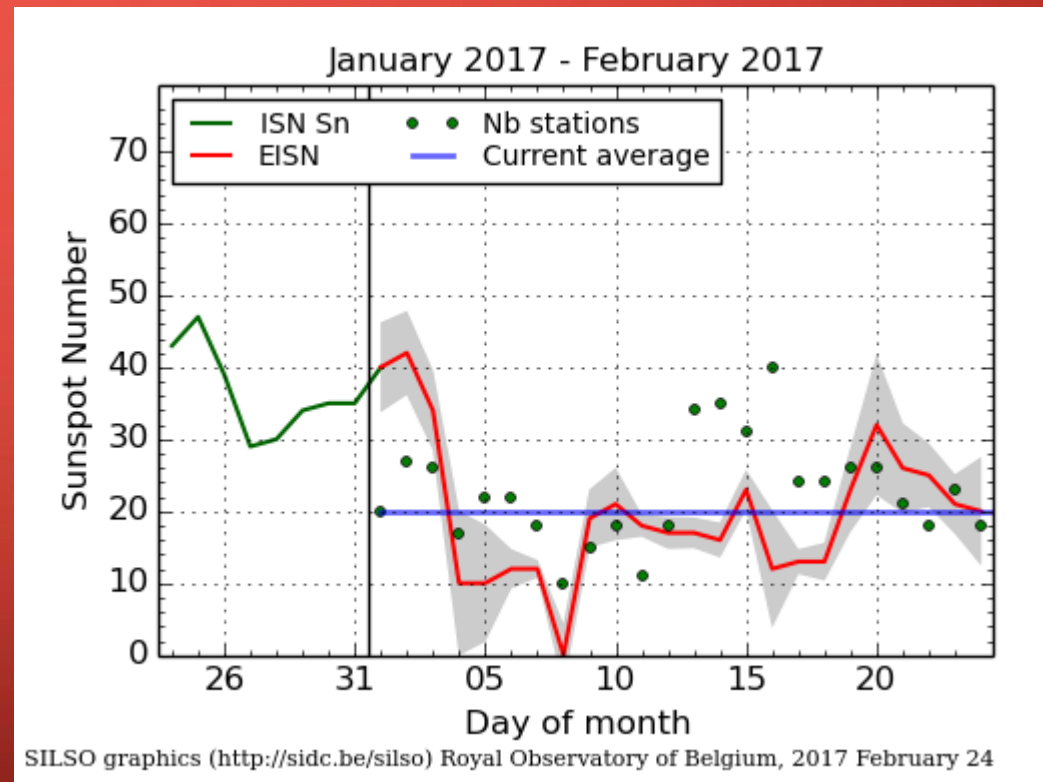
# OLLAAN KUITENKIN MATKALLA KOHTI SEURAAVAA MINIMIÄ

- Nyt meneillään oleva Auringon aktiivisuusjakso 24 on kaksihuippuinen
- Tässä ei ole sinänsä mitään epätavallista, mutta poikkeuksellisesti jälkimmäisen huipun aikana pilkkuluvut olivat suurempia
- Edellisen minimin aikaan tehty ennuste pilkkuluvusta ei ole pitänyt ja jaksosta on tulossa ehkä normaalia lyhyempi



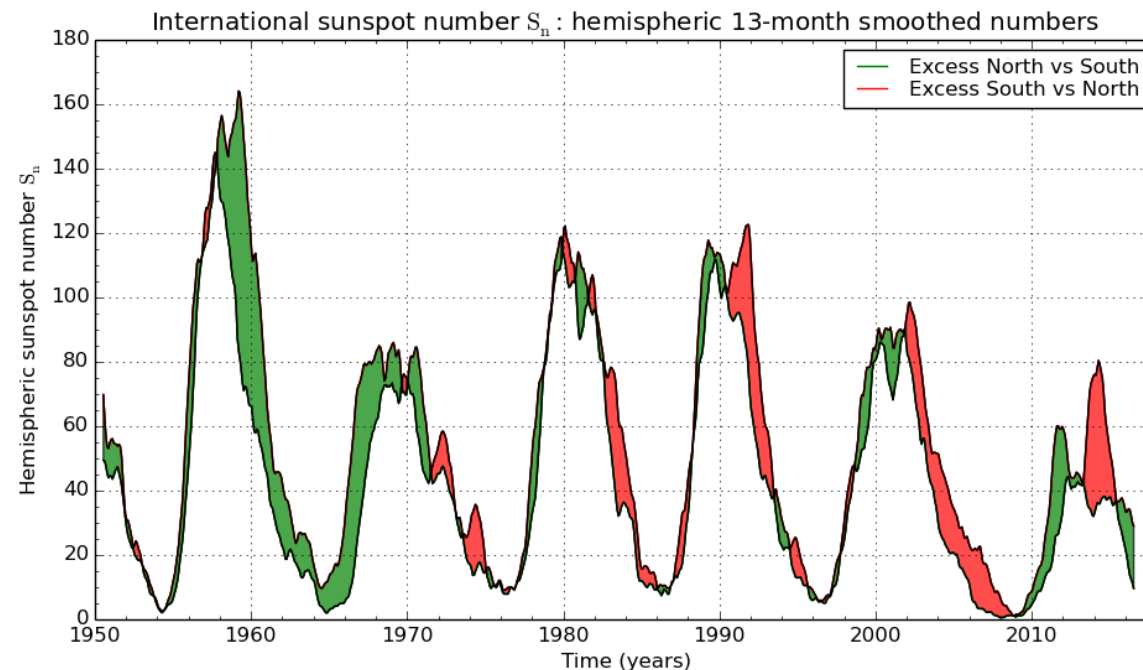
# PILKKULUVUN SUUNTA KUUKAUSITASOLLA

- SILSO (Sunspot index and Long-term solar observations) –sivuille lisätään pilkkulukudataa päivittäin, ks. <http://sidc.be/silso/>
- Myös numeerinen data helposti ladattavissa ja historiallista aineistoa saatavilla aina vuoteen 1700 saakka
- (E)ISN = (Estimated) International Sunspot Number; Nb stations = asemien lukumäärä



# EPÄSYMMETRIA PALLONPULISKOJEN VÄLILLÄ

- Eteläinen puolisko dominoinut pohjoista viime vuosikymmeninä
- Vuoden 1991 loppuun saakka data vain belgialaisen Ucclen observatorion havaintoihin pohjautuvaa, siitä eteenpäin globaalia



SILSO graphics (<http://sidc.be/silso>) Royal Observatory of Belgium 2017 February 1



# PILKUTTOMAT JAKSOT

- Auringon pilkuttomien jaksojen seuranta on erittäin tärkeää, jotta voidaan määrittää kuluvan aktiivisuusjakson loppu ja seuraavan alku
- Jakso loppuu, kun pilkkujen kk-keskiarvo saavuttaa paikallisen minimin, toki tämä tieto varmasti saadaan vasta jälkeenpäin kun pilkkuluku jo alkanut nousta
- Vuodesta 1849 alkavalla yhtenäisellä havaintojaksolla pisin pilkuton jakso oli 8.4.1913-8.7.1913, peräti 92 päivää
- Daltonin minimin aikaan 24.10.1822-12.3.1923 oli havaittu 140 pilkutonta päivää 141 päivän aikana joskin 29.12.1822 on vailla havaintoa, Maunderin minimiin (n. vuodet 1650-1710) saakka aikasarja ei valitettavasti ulotu

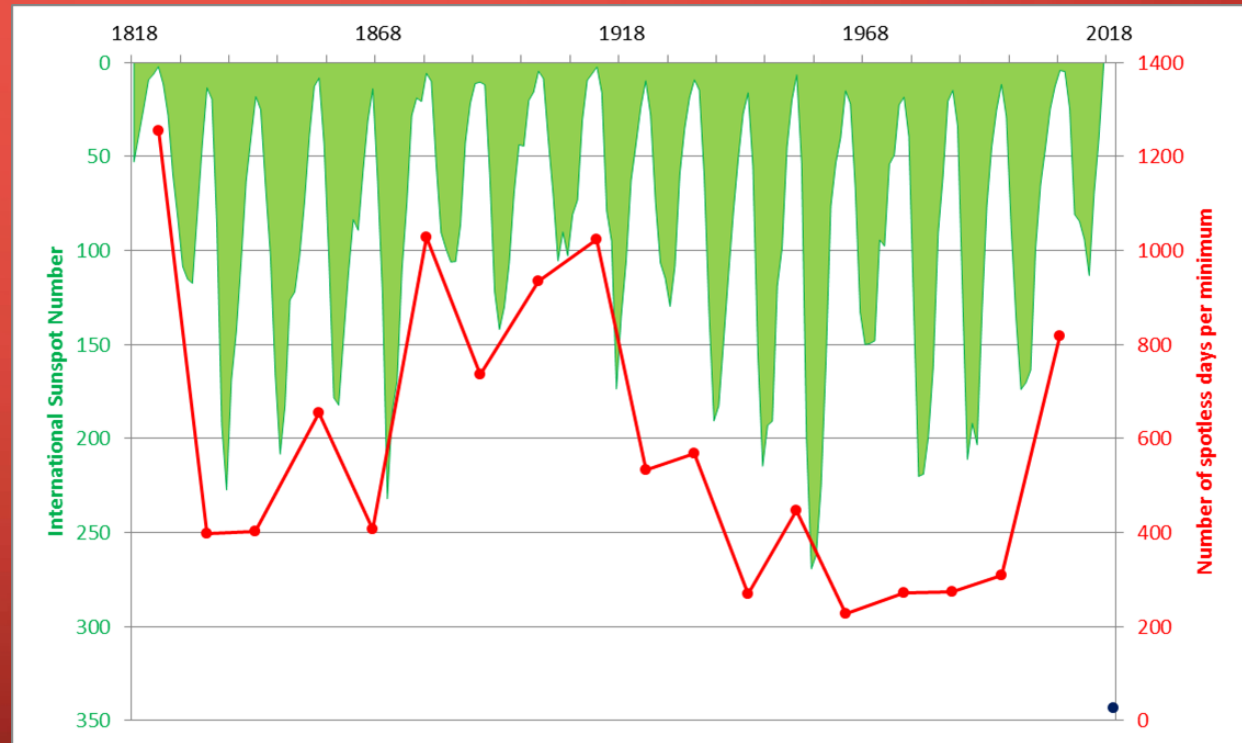
# KAKSI LÄHES YHTÄ PITKÄÄ PILKUTONTA JAKSOA VUOSINA 2008 JA 2009

*Periods with spotless days ( $\geq 30$  days) since 1849*

| Rank | SC | Begin       | End         | Days | Rank | SC | Begin       | End         | Days | Rank | SC | Begin       | End         | Days |
|------|----|-------------|-------------|------|------|----|-------------|-------------|------|------|----|-------------|-------------|------|
| 1    | 15 | 08 Apr 1913 | 08 Jul 1913 | 92   | 9    | 10 | 22 Apr 1856 | 01 Jun 1856 | 41   | 15   | 11 | 20 Apr 1867 | 24 May 1867 | 35   |
| 2    | 14 | 11 Mar 1901 | 18 May 1901 | 69   | 10   | 14 | 26 Nov 1901 | 04 Jan 1902 | 40   | 16   | 24 | 31 Jul 2009 | 31 Aug 2009 | 32   |
| 3    | 12 | 16 Feb 1879 | 10 Apr 1879 | 54   | 11   | 16 | 06 Jan 1924 | 13 Feb 1924 | 39   | 17   | 24 | 21 Jul 2008 | 20 Aug 2008 | 31   |
| 4    | 14 | 17 Mar 1902 | 04 May 1902 | 49   | 11   | 15 | 15 Jul 1913 | 22 Aug 1913 | 39   | 17   | 17 | 12 Dec 1933 | 11 Jan 1934 | 31   |
| 4    | 10 | 14 Aug 1855 | 01 Oct 1855 | 49   | 12   | 11 | 29 Dec 1866 | 04 Feb 1867 | 38   | 17   | 15 | 12 Jul 1912 | 11 Aug 1912 | 31   |
| 5    | 12 | 04 Apr 1878 | 20 May 1878 | 47   | 12   | 10 | 12 Dec 1855 | 18 Jan 1856 | 38   | 17   | 14 | 25 Nov 1900 | 25 Dec 1900 | 31   |
| 6    | 14 | 16 Jan 1902 | 01 Mar 1902 | 45   | 13   | 12 | 17 May 1876 | 22 Jun 1876 | 37   | 18   | 19 | 03 Jun 1954 | 02 Jul 1954 | 30   |
| 6    | 12 | 14 Sep 1878 | 28 Oct 1878 | 45   | 13   | 12 | 27 Jul 1878 | 01 Sep 1878 | 37   | 18   | 17 | 13 Jul 1933 | 11 Aug 1933 | 30   |
| 7    | 15 | 21 Jan 1912 | 03 Mar 1912 | 43   | 14   | 18 | 18 Apr 1944 | 23 May 1944 | 36   | 18   | 14 | 08 Jul 1902 | 06 Aug 1902 | 30   |
| 8    | 23 | 13 Sep 1996 | 24 Oct 1996 | 42   | 14   | 17 | 05 Nov 1933 | 10 Dec 1933 | 36   |      |    |             |             |      |

# PILKKULUKUMAKSIMIT JA PILKUTTOMIEN PÄIVIEN KOKONAISMÄÄRÄT

- Pilkuttomien päivien kokonaismäärä on vaihdellut huomattavasti eri minimien aikana
- Se on ollut suurempi usein jos edellisen tai seuraavan jakson maksimipilkkuluku (kk-keskiarvo) on jäänyt pieneksi (1800-luvun loppupuolisko)

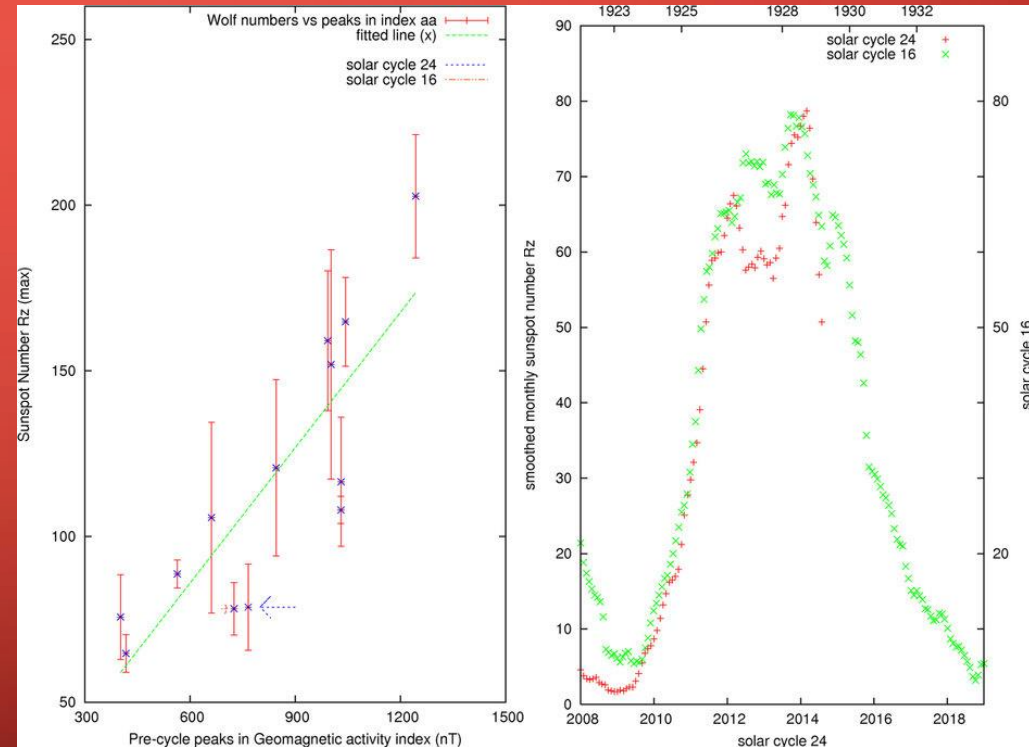


# PÄÄTELMIÄ JAKSOLLISUUDESTA

- Viime minimin pilkuttomien päivien määrä (817 päivää) alitettiin edellisen kerran sitä ennen vuonna 1913 (jaksot 14/15; 1023 päivää)
- Edellisen maksimin jälkeen pilkuttomia päiviä on ollut yhteensä 44 (1 v. 2014, 0 v. 2015, 32 v. 2016 ja toistaiseksi 11 v. 2017)
- Jaksojen 12, 13 ja 14 pilkkuluvut suurempia kuin Daltonin minimin lukemat, Maunderin minimistä puhumattakaan
- Vielä on liian varhaista arvioida seuraavan maksimin amplitudia ja etenkin tuomita seuraavaa pitkää aktiivisuusminimiä varmasti alkavaksi

# ENNUSTEET OVAT EDELLEEN PÄÄASIASSA TILASTOLLISIA, EIVÄT FYSIKAALISIA

- Geomagneettinen aktiivisuus (aa-indeksi) edeltävällä jaksolla korreloi seuraavan jakson pilkkulukujen kk-keskiarvojen kanssa kertoimella  $0.85 \pm 0.17$
- Jaksojen 24 ja 16 yhtäläisyyksiä käytetty avuksi tutkimuksessa
- Kuvat: K.K. Ng (Scientific Reports 6, doi:10.1038/srep21028)





# KIITOS

- Kysyttävää?

