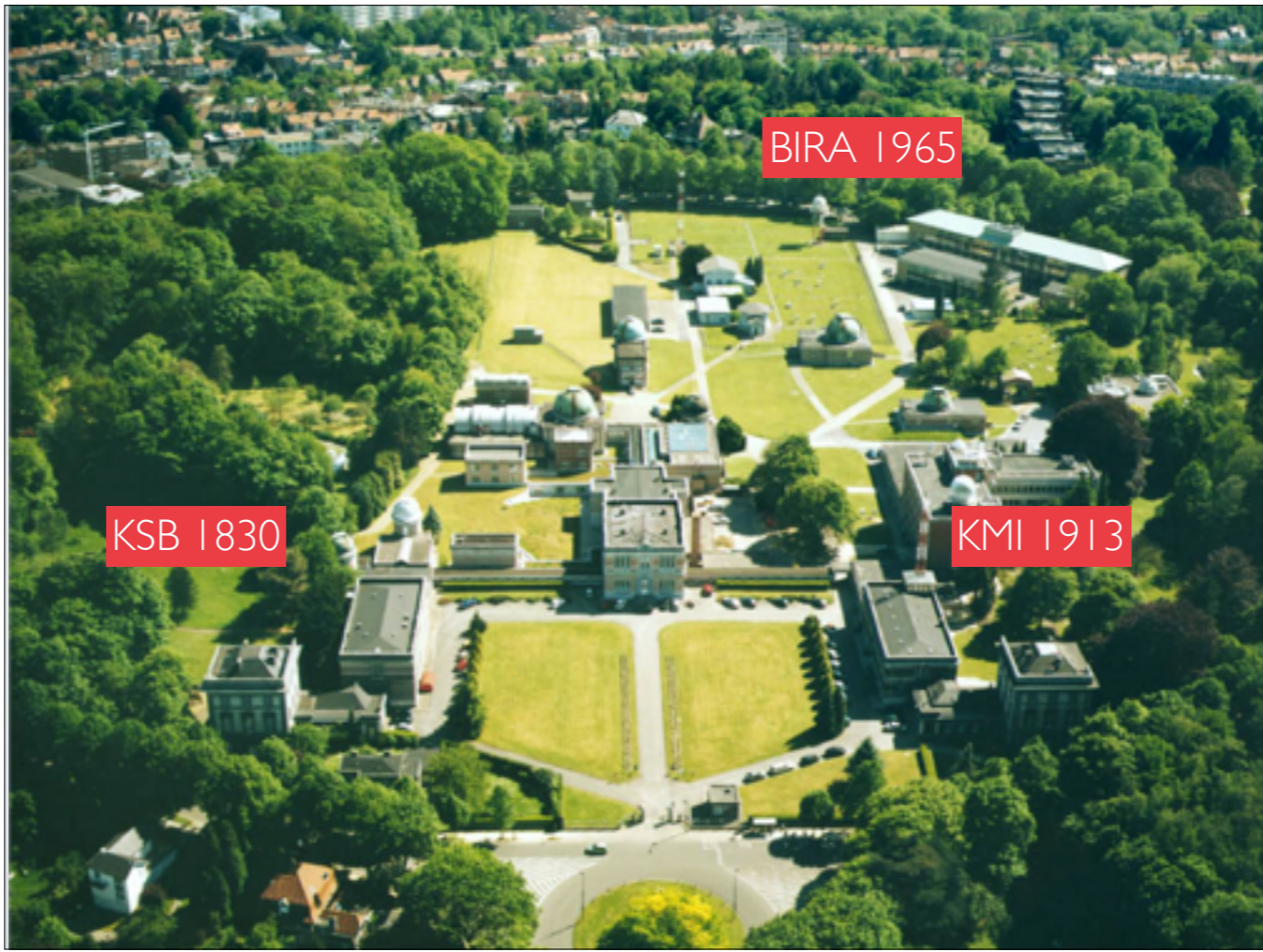


MINI-IJSTIJD OP KOMST?

Petra Vanlommel
Solar-Terrestrial Centre of Excellence



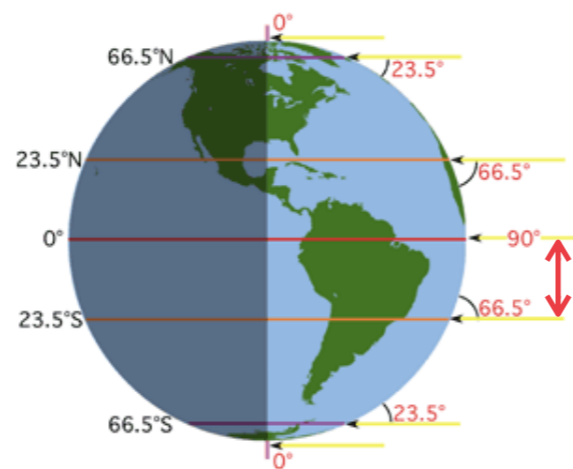


KSB 1830

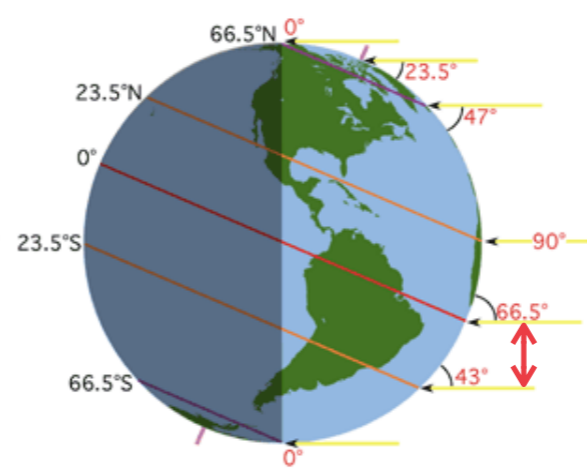
BIRA 1965

KMI 1913

Herfst/Lente



Zomer



Winter

EVIDENTE INVLOEDEN

MYSTERIEUS



Image: Siberia 20080801
J.M.P., W. G. Wagner and H. Druckmüllerová

Waarnemingen gaan terug tot het begin van de mensheid.

The total solar eclipse of 1 August 2008, observed from Siberia.

What happens:

- visible light from the disc bounces off from plasma in the corona in our direction (Thompson scattering)
- the solar disc is a million times brighter than the corona, the light we see during eclipse is always there but swamped in the much brighter direct light

Seeing the corona 'naturally' is exceptional on astronomical scales:

- the apparent size of moon and star have to match the distance planet-star
- the moon should have no atmosphere
- the planets atmosphere should be transparent

Invloed van de zon op klimaat

Varieert de zon?

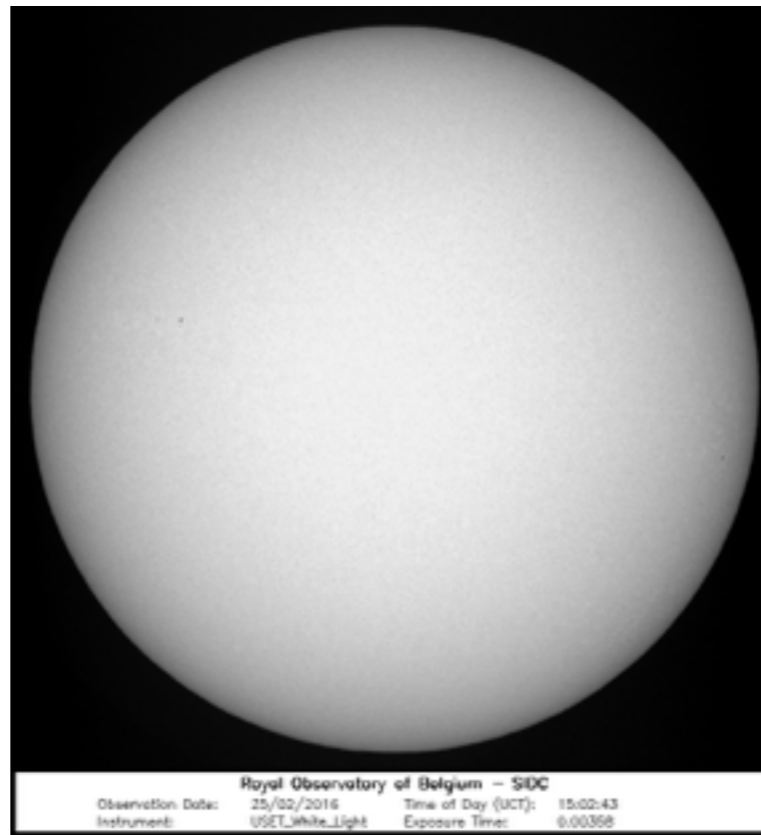
Zonnevariatiaties bepalen door de zon te
bestuderen.

als het klimaat verandert en we denken dat de zon de oorzaak is, moeten we nagaan of de zon ook varieert zoals het klimaat varieert.



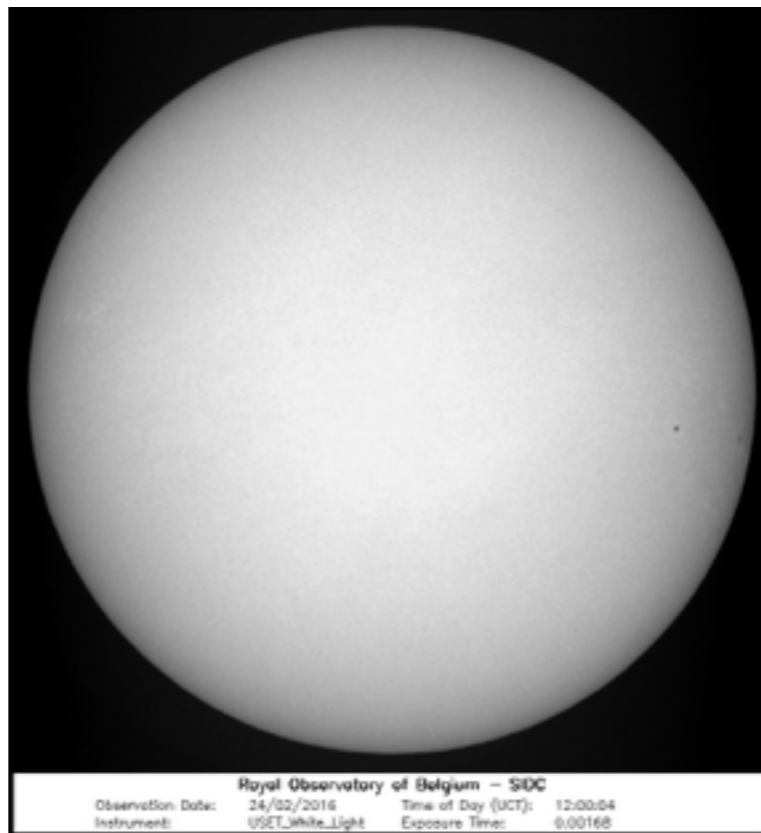
in de eerste plaats bestuderen we de zon door ernaar te kijken, op een simpele manier: door een eenvoudige telescoop.





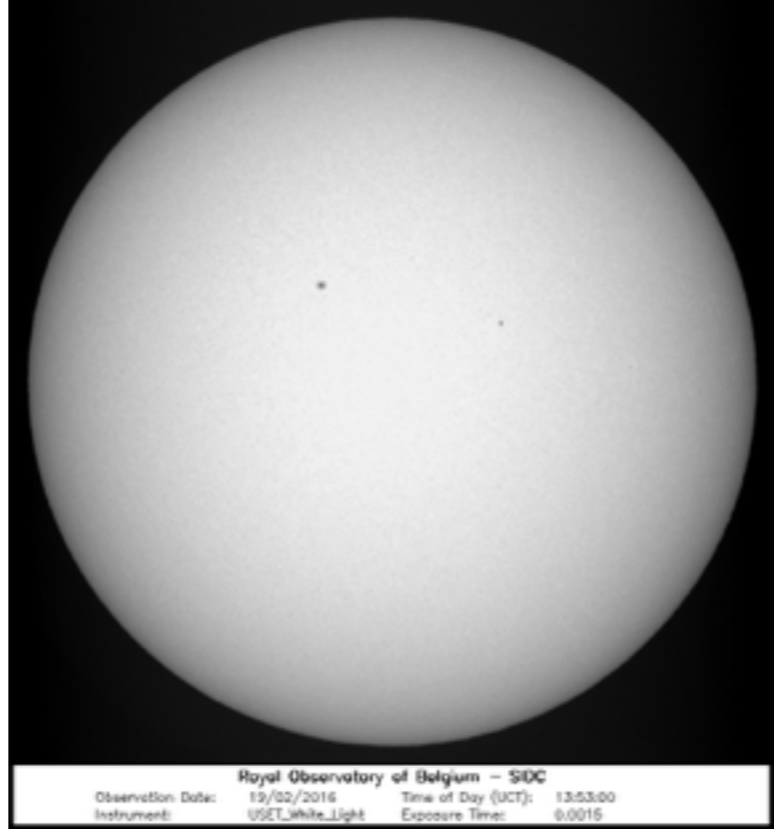
Royal Observatory of Belgium - SDC
Observation Date: 25/02/2016 Time of Day (UTC): 15:02:43
Instrument: USET_White_Light Exposure Time: 0.00368

DE ZON OP 25/02/2016



Royal Observatory of Belgium - SID
Observation Date: 24/02/2016 Time of Day (UTC): 12:00:04
Instrument: USET_White_Light Exposure Time: 0.00168

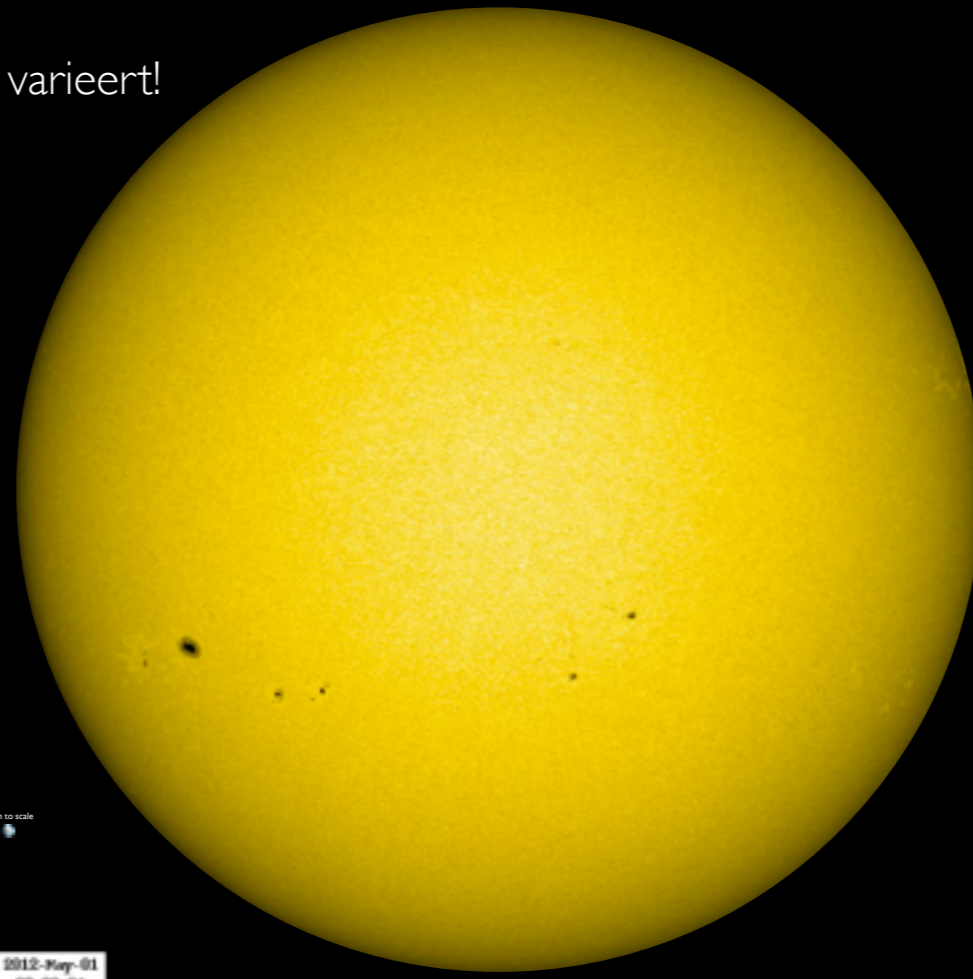
DE ZON OP 24/02/2016



Royal Observatory of Belgium - SIDC
Observation Date: 19/02/2016 Time of Day (UTC): 13:53:00
Instrument: USET_White_Light Exposure Time: 0.0015

DE ZON OP 19/02/2016

De zon varieert!



Earth to scale



2012-May-01
00:00:04

Hoe 'meten' we de variabiliteit van de
zon op een eenvoudige manier?

ZONNEVLEKKEN

Chinezen - Galileo Galilei - Ontdekking cyclus -
Differentiële rotatie - link uitbarstingen/vlekken - Wolfgetal

Zonnevlekken zijn de oudste en meest gekende uitingen van zonneactiviteit.

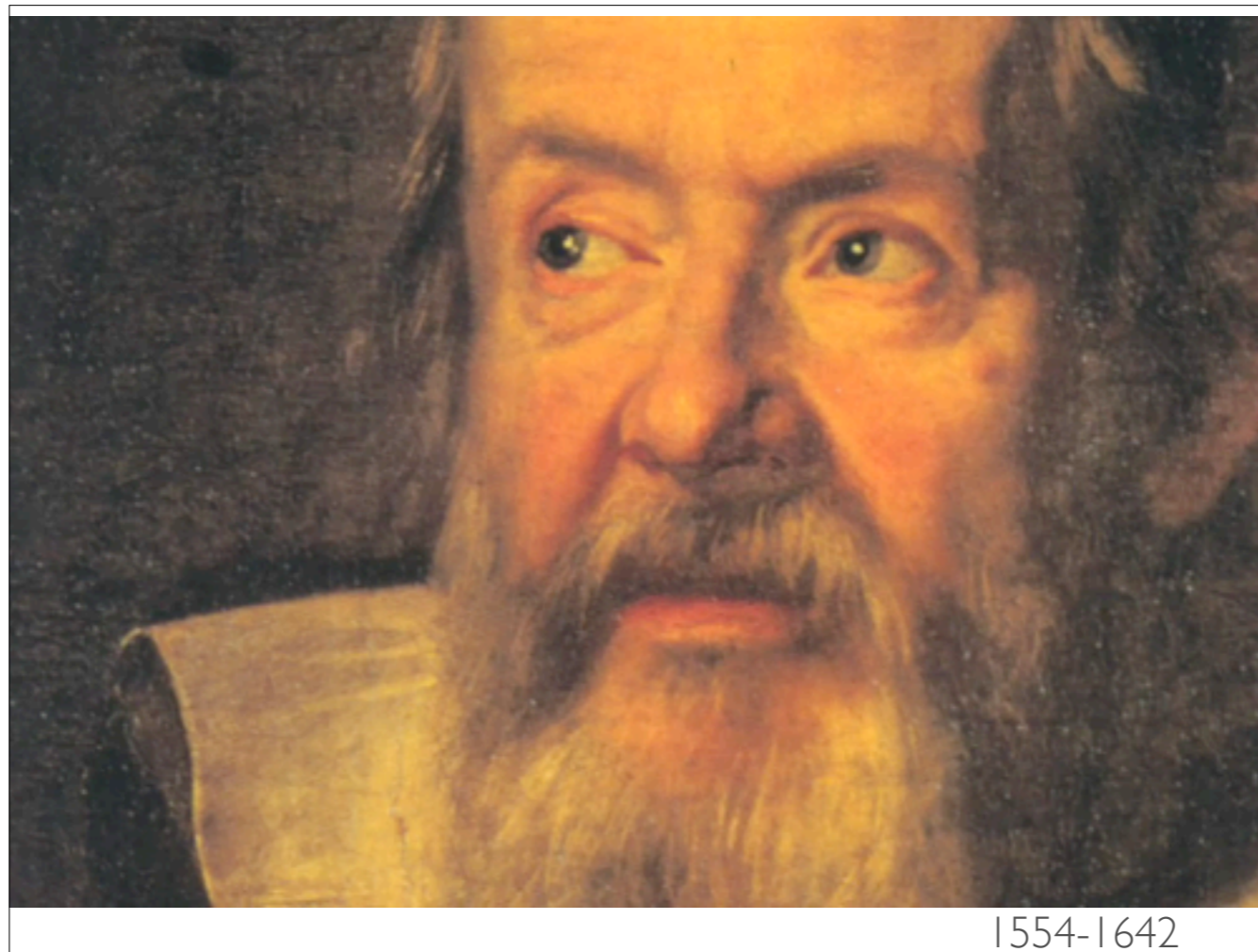
De eerste waarnemingen met het blote oog dateren van enkele eeuwen voor Christus (China) en bevestigen dat de zonneactiviteit toen overeenkomt met deze van nu.
De eerste gedetailleerde waarnemingen begonnen met de uitvinding van de telescoop (Galileo, 1610 en andere waarnemers: Fabricius en Scheiner): eerste tekeningen.
Toch waren er meer dan 2 eeuwen nodig om een beter begrip te krijgen over zonnevlekken.

Het is in de 19de eeuw dat vooruitgang werd geboekt:

S.H. Schwabe voerde, gedurende 43 jaar, de eerste systematische waarnemingen uit. Hij ontdekte een periode van 11 jaar in het aantal zonnevlekken.

R.C. Carrington ontdekte de differentiële rotatie en de link tussen zonneuitbarstingen en de vlekken.

R. Wolf (Zürich, 1816-1893) verzamelde alle historische waarnemingen en begon aan systematische en continue waarnemingen van zonnevlekken. Hij introduceerde een index gebaseerd op het aantal getelde vlekken, het Wolfgetal:

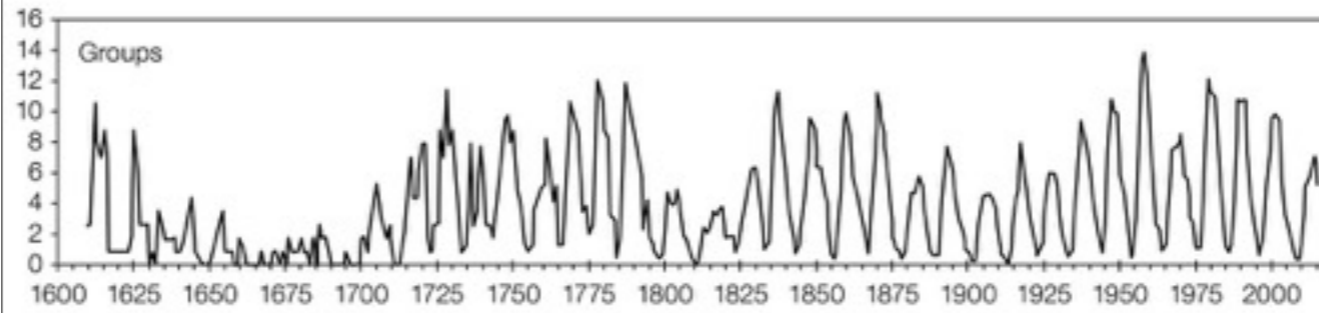


valversnelling onafhankelijk van de massa

verdedigde de leer van Copernicus: heliocentrisch wereldbeeld in tegenstelling tot de opvatting van de kerk dat de aarde het centrum van het heelal was; - Kepler en Isaac Newton

de zon draagt voor 99,86% bij aan de massa van het zonnestelsel - dus het zwaartepunt van het zonnestelsel ligt zeer dicht bij het zwaartepunt van de zon.

Op welke termijn varieert de zon?



Maunder

Dalton

Unnamed

Eddy

Brueghel (1525-1569), painting: 1560-1565

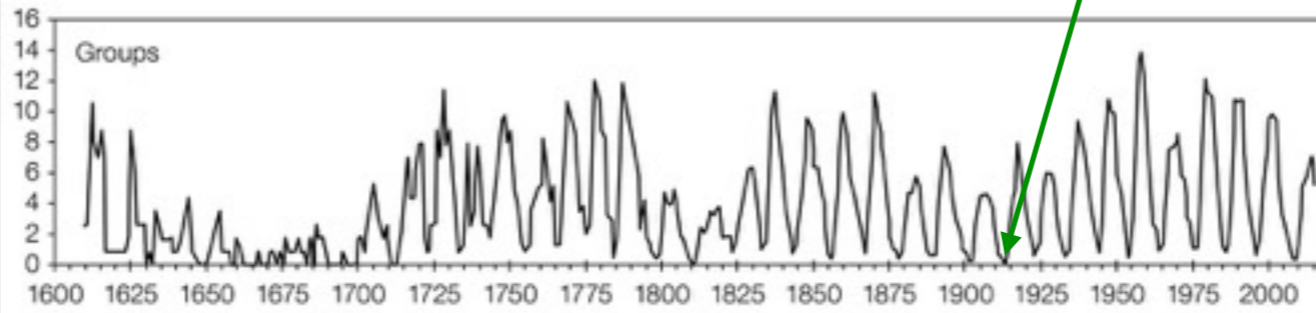
Winterlandschap met molen van Jacob van Ruisdael (1628-1682). Copyright: Fondation Custodia, Parijs.

Ijsvermaak van Barent Avercamp (1612-1679). Uit een particuliere collectie. (Copyright: Mauritshuis, Den Haag)

Kermis en markten op de bevroren Thames vonden regelmatig. De laatste keer in 1814.

Eddy - Amerikaanse astronoom auteur van de belangrijke publicatie (The Maunder Minimum) in 1976.

Via metingen van koolstof 14 in boomringen. Sporer Minimum: 1460-1550

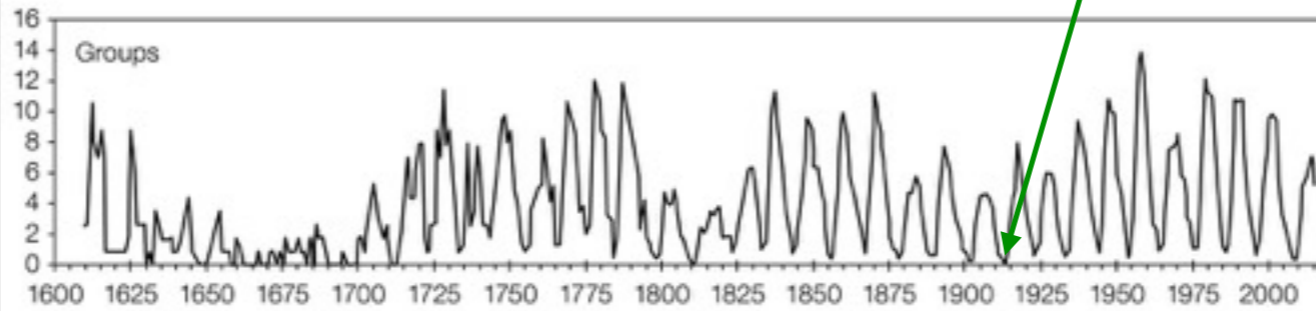


Brueghel (1525-1569), painting: 1560-1565

Winterlandschap met molen van Jacob van Ruisdael (1628-1682). Copyright: Fondation Custodia, Parijs.

Ijsvermaak van Barent Avercamp (1612-1679). Uit een particuliere collectie. (Copyright: Mauritshuis, Den Haag)

Kermis en markten op de bevroren Thames vonden regelmatig. De laatste keer in 1814.



Maunder

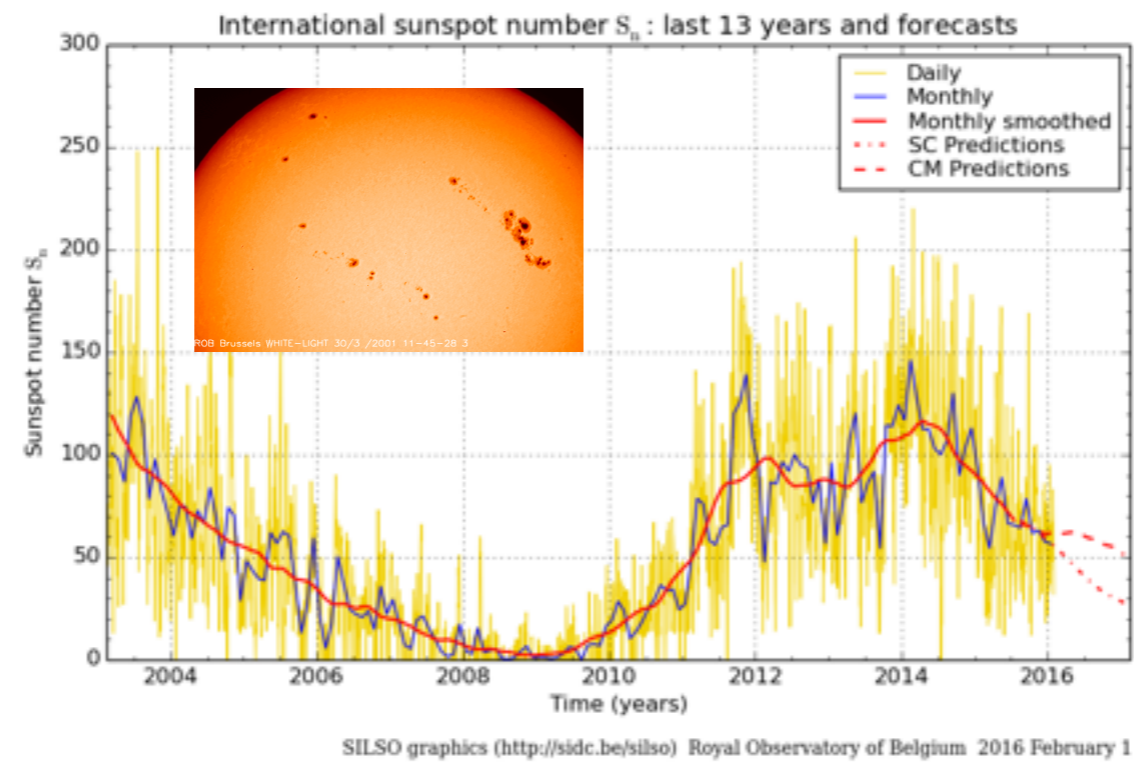
Dalton

Rose

Eddy

It was one more defeat in our long and losing battle to keep the Sun perfect, or, if not perfect, constant, and if inconstant, regular. Why we think the Sun should be any of these when other stars are not is more a question for social than for physical science. - John A. EDDY

Eddy - amerikaanse astronoom auteur van de belangrijke publicatie (The Maunder Minimum) in 1976.
Via metingen van koolstof 14 in boomringen. Sporer Minimum: 1460-1550



$$R = k (10 \times N_g + N_s)$$

K - reduction coefficient, scaling factor, quality index — ingevoerd door Wolfer. Wolf, de vorige directeur heeft k = 1.

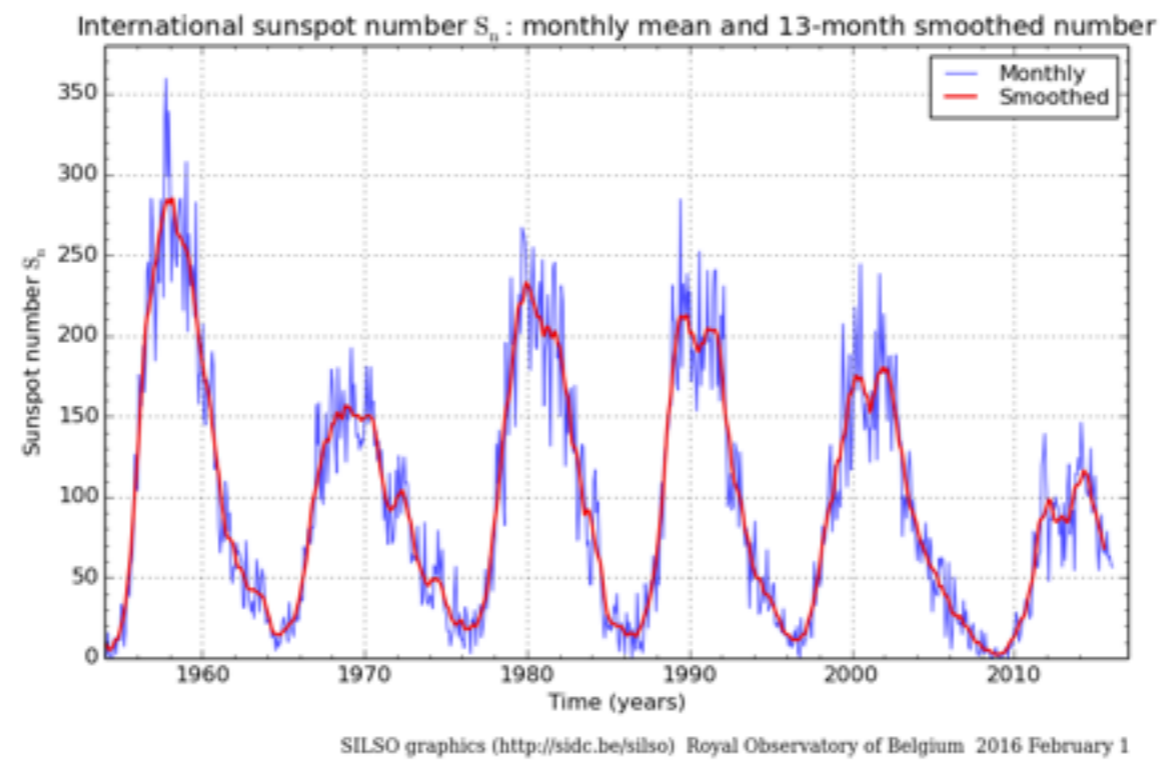
hangt af van hoe goed een waarnemer kleine zonnevlekken kan waarnemen : persoonlijke ervaring, lokale zichtbaarheid, sterkte telescoop, zicht van de ogen, ...

waarnemer groepen opsplijt

hierdoor kan het zonnevlekkengetal van 1 waarnemer verschillen van een geheel getal.

Het is een 'synthetische' index: gedefinieerd volgens een absolute maar arbitraire schaal - komt niet overeen met een fysische eenheid.

k < 1 —> neiging om meer vlekken te zien dan Wolf
 k > 1 —> neiging om minder vlekken te zien dan Wolf



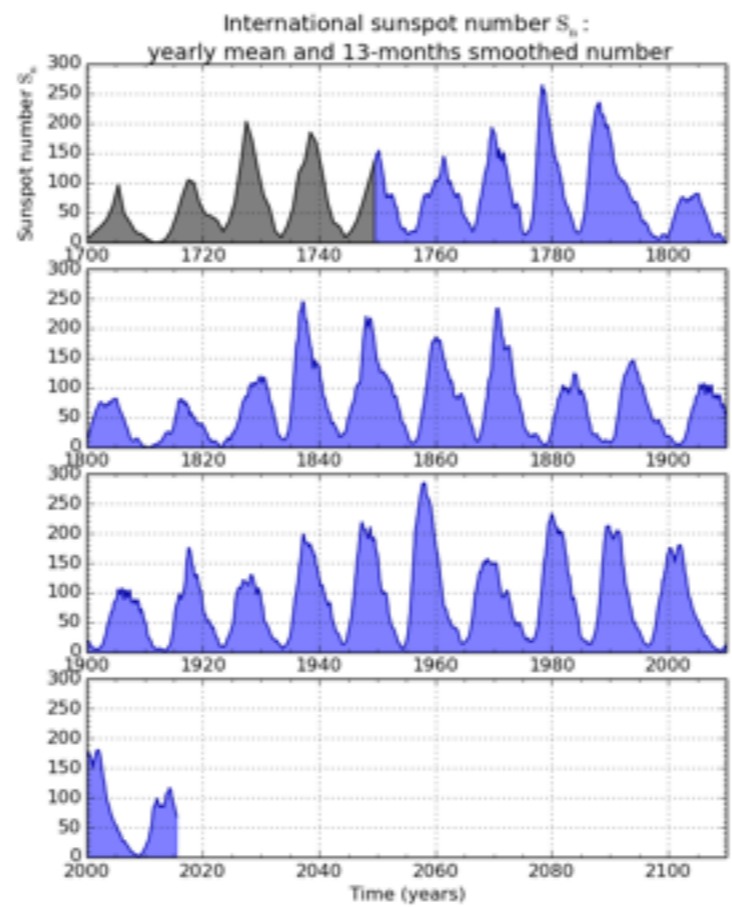
$$R = k (10 \times N_g + N_s)$$

Het aantal vlekken en groepen varieert over een cyclus met variabele amplitude en periode, van ongeveer 11 jaar.

De waargenomen periodes variëren tussen 8 en 14 jaar.

Iedere cyclus wordt gekenmerkt door een sterke toename, in 4 jaar, gevolgd door een gemiddelde daling van 7 jaar.

De amplitude van de cyclus is ook variabel met extreme maxima van 48 in 1817 tot 200 en 1958.



SILSO graphics (<http://sidc.be/silso>) Royal Observatory of Belgium 2016 February 1

Valentina Zharkova
 One striking aspect is that they did not make any climate prediction. They don't even find any conclusion regarding the duration over which the Sun would remain inactive after its descent over cycles 25 and 26. A significant cooling of the climate requires a grand minimum lasting several decades, not just one cycle 60% weaker than the current one.

I note that the time window of the data is short: only the last 3.5 cycles. Therefore, it is a bit gambling for predictions over an equivalent duration in the future. They only conclude on a decrease up to cycle 26. There is no consideration about how long the phase opposition between the putative waves would last and thus the duration of a grand minimum caused by such a mechanism.

Deze data zijn onlangs herwerkt

progressive decline of solar activity before the onset of the Maunder Minimum, while the slowly rising trend of the activity after the Maunder Minimum is strongly reduced, suggesting that by the mid 18th century, solar activity had already returned to levels equivalent to those observed in recent solar cycles in the 20th century.

Hoe varieert de zon nog?

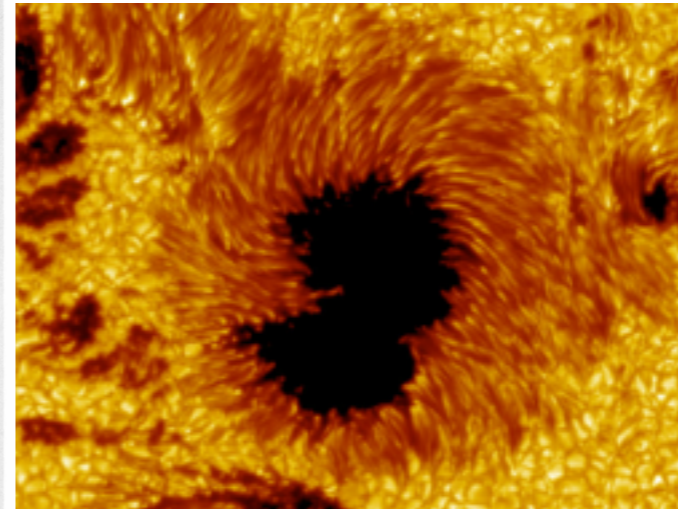
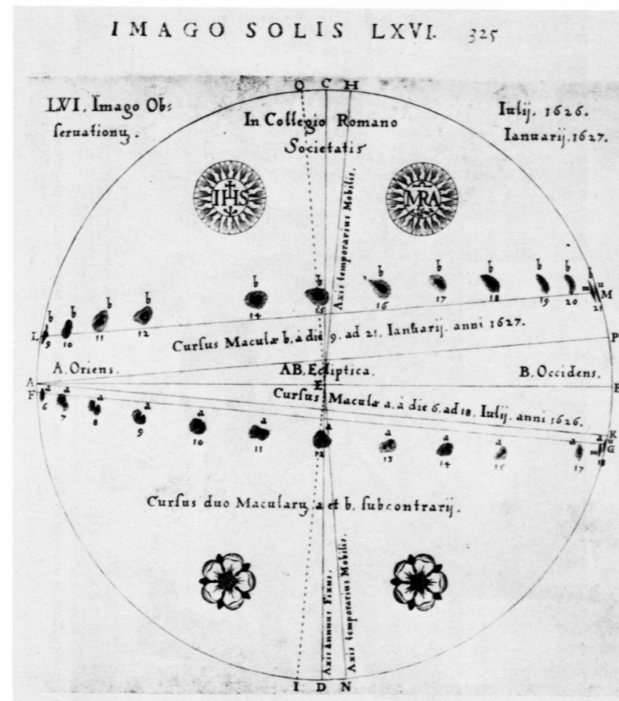


PLATE 1.1. Sunspot drawing from Scheiner's *Rosa Ursina*, showing the apparent paths of two spots across the solar disk at different times of the year. In both spots the umbra and penumbra are clearly distinguished.

rosa ursina: 1626–30

Zonnevlekken zijn de oudste en meest gekende uitingen van zonneactiviteit.

De zonneactiviteit is het geheel aan fenomenen waarbij energie op een impulsieve manier wordt vrijgegeven in de zonne-atmosfeer, en die gegenereerd wordt door de evolutie en brutale transformatie van magneetvelden die doorheen het zonneoppervlak lopen.

Zonnevlekken zijn donkere gebieden in de fotosfeer.

De kleinste vlekken hebben geen structuur (diameter $D < 2\,500\text{km}$)

Voor $D > 2\,500\text{km}$, bestaan de vlekken uit 2 zones:

Centrale Schaduw:

Diameter = 10 tot 15 000 km

Lichtsterkte = 5 tot 30% IFotosfeer

Halfschaduw:

Diameter : tot 50 000km

Lichtsterkte = 50 tot 70 % IFotosfeer

De vlekken leven enkele uren tot enkele maanden.

De temperatuur van de centrale schaduw is 4 000K, in plaats van 5 800K voor de normale fotosfeer.

Vlekken vormen langwerpige groepen, meestal uitgerokken in de oost-west richting. Ze kunnen tot 50 vlekken bevatten en zich uitsmeren over 20 lengtegraden.

Deze groepen spreiden zich uit over 2 strips tussen de 5e tot de 40e breedtegraad.

OBSERVATOIRE ROYAL DE BELGIQUE - PHYSIQUE SOLAIRE
KONINKLIJKE STERRENWACHT VAN BELGIË - ZONNEFYSICA

Rotation N° _____ N° _____

P: _____ Observateur: *Adrienne*

B₁: _____ Date: *20.02.2016*

B₂: _____ Heure: *09.40.00*

L₁: _____ Qualité: *3*

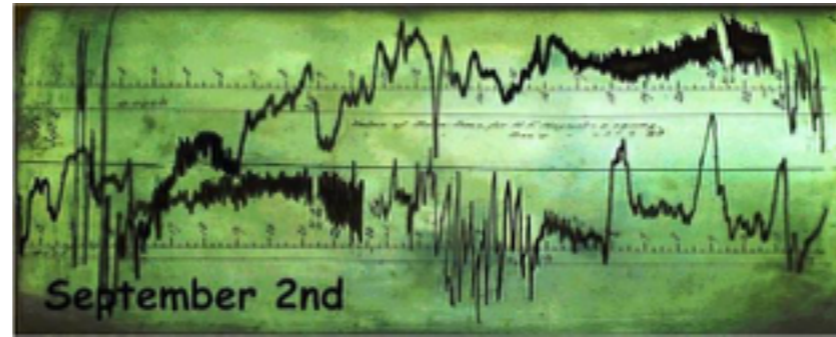
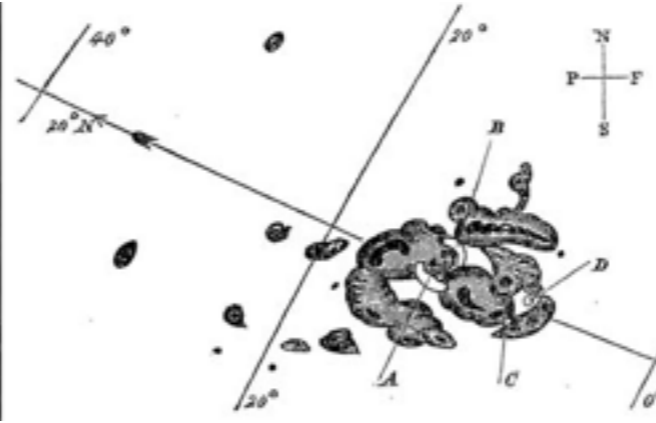
Commentaire: _____

	T	N	S
Nb Groupes	2		
Nb Taches	6		
Nb Wolf	24		

N°	Smc	Long	Lat	h	T	A

N°	Smc	Long	Lat	h	T	A

Bij voorkeur 's morgens



R.C. Carrington ontdekte de differentiële rotatie en de link tussen zonneuitbarstingen en de vlekken.

From August 28 through September 2, 1859, numerous sunspots were observed on the Sun.

On August 29, southern aurorae were observed as far north as Queensland in Australia.[3]

Just before noon on September 1, the English amateur astronomers Richard Carrington and Richard Hodgson independently made the first observations of a solar flare.[4] The flare was associated with a major coronal mass ejection (CME) that travelled directly toward Earth, taking 17.6 hours to make the 93 million mile journey. It is believed that the relatively high speed of this CME (typical CMEs take several days to arrive at Earth) was made possible by a prior CME, perhaps the cause of the large aurora event on August 29, that "cleared the way" of ambient solar wind plasma for the Carrington event.[4]

Because of a simultaneous "crochet" observed in the Kew Observatory magnetometer record by Scottish physicist Balfour Stewart and a geomagnetic storm observed the following day, Carrington suspected a **solar-terrestrial connection**. Worldwide reports on the effects of the geomagnetic storm of 1859 were compiled and published by Elias Loomis, which support the observations of Carrington and Stewart.

On September 1-2, 1859, one of the largest recorded geomagnetic storms (as recorded by ground-based magnetometers) occurred. Aurorae were seen around the world, those in the northern hemisphere even as far south as the Caribbean; those over the Rocky Mountains were so bright that their glow awoke gold miners, who began preparing breakfast because they thought it was morning.[4] People who happened to be awake in the northeastern US could read a newspaper by the aurora's light.[5] The aurora was visible as far from the poles as Cuba and Hawaii.[6]

Telegraph systems all over Europe and North America failed, in some cases giving telegraph operators electric shocks.[7] Telegraph pylons threw sparks.[8] Some telegraph systems continued to send and receive messages despite having been disconnected from their power supplies.[9]

On Saturday, September 3, 1859, the Baltimore American and Commercial Advertiser reported, "Those who happened to be out late on Thursday night had an opportunity of witnessing another magnificent display of the auroral lights. The phenomenon was very similar to the display on Sunday night, though at times the light was, if possible, more brilliant, and the prismatic hues more varied and gorgeous. The light appeared to cover the whole firmament, apparently like a luminous cloud, through which the stars of the larger magnitude indistinctly shone. The light was greater than that of the moon at its full, but had an indescribable softness and delicacy that seemed to envelop everything upon which it rested. Between 12 and 1 o'clock, when the display was at its full brilliancy, the quiet streets of the city resting under this strange light, presented a beautiful as well as singular appearance." [10]

In June 2013, a joint venture from researchers at Lloyd's of London and Atmospheric and Environmental Research (AER) in the United States used data from the Carrington Event to estimate the current cost of a similar event to the US alone at \$0.6-2.6 trillion.[11]

http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2008/06may_carringtonflare/

At 11:18 AM on the cloudless morning of Thursday, September 1, 1859, 33-year-old Richard Carrington—widely acknowledged to be one of England's foremost solar astronomers—was in his well-appointed private observatory. Just as usual on every sunny day, his telescope was projecting an 11-inch-wide image of the sun on a screen, and Carrington skillfully drew the sunspots he saw.

Right: Sunspots sketched by Richard Carrington on Sept. 1, 1859. Copyright: Royal Astronomical Society: more.

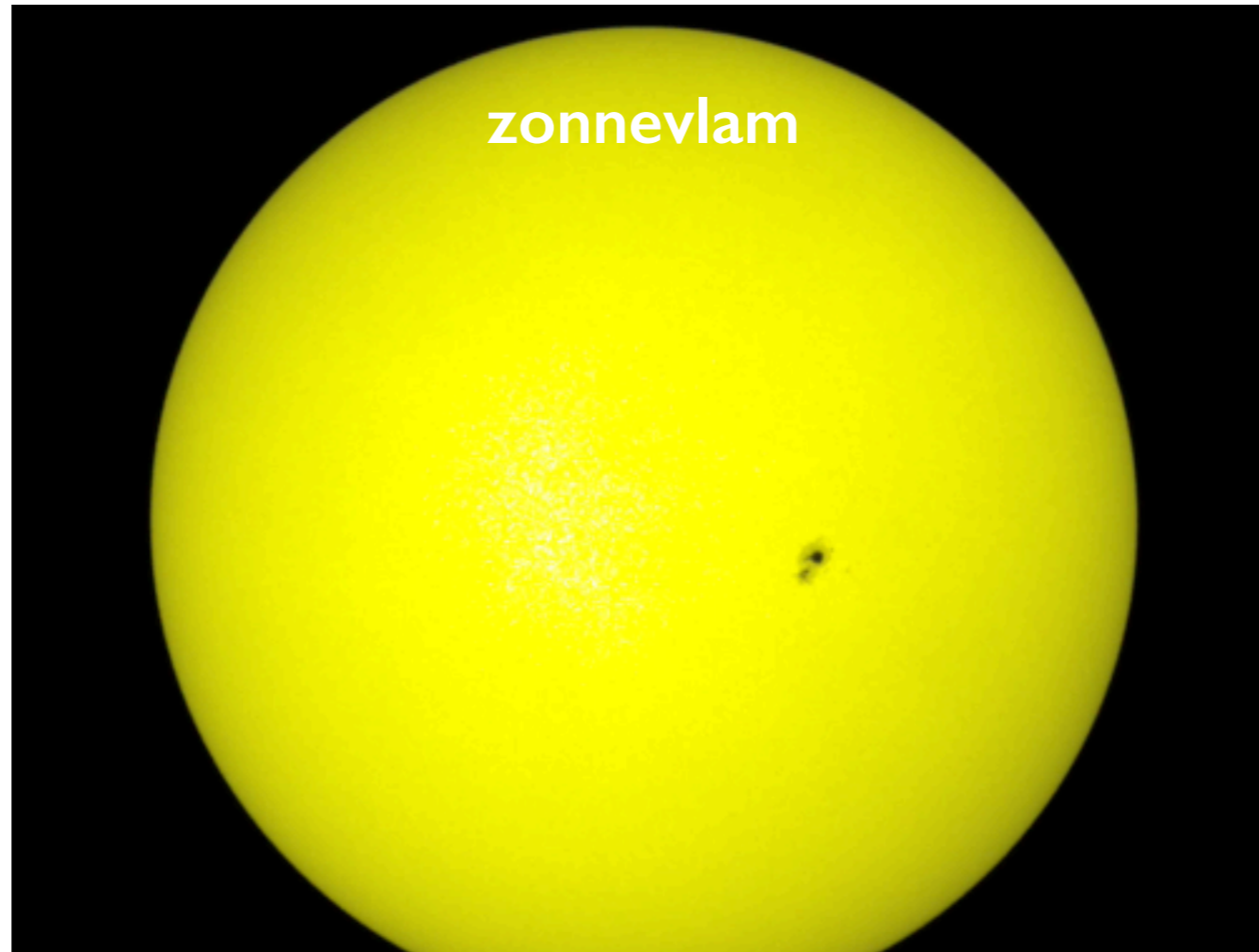
On that morning, he was capturing the likeness of an enormous group of sunspots. Suddenly, before his eyes, two brilliant beads of blinding white light appeared over the sunspots, intensified rapidly, and became kidney-shaped. Realizing that he was witnessing something unprecedented and "being somewhat flurried by the surprise," Carrington later wrote, "I hastily ran to call someone to witness the exhibition with me. On returning within 60 seconds, I was mortified to find that it was already much changed and enfeebled." He and his witness watched the white spots contract to mere pinpoints and disappear.

It was 11:23 AM. Only five minutes had passed.

Just before dawn the next day, skies all over planet Earth erupted in red, green, and purple auroras so brilliant that newspapers could be read as easily as in daylight. Indeed, stunning auroras pulsated even at near tropical latitudes over Cuba, the Bahamas, Jamaica, El Salvador, and Hawaii.

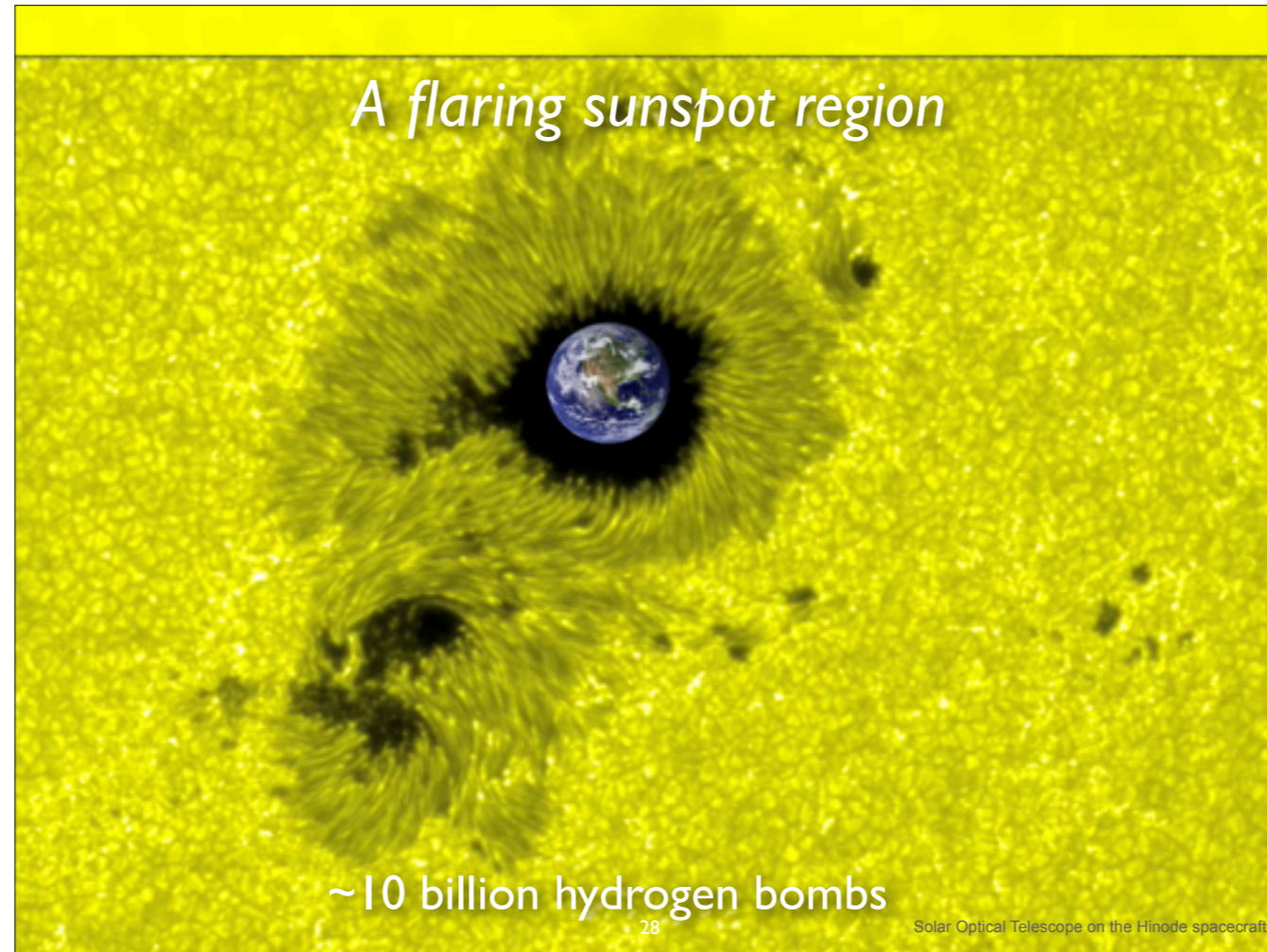
Sign up for EXPRESS SCIENCE NEWS delivery

Even more disconcerting, telegraph systems worldwide went haywire. Spark discharges shocked telegraph operators and set the telegraph paper on fire. Even when telegraphers disconnected the batteries powering the lines, aurora-induced electric currents in the

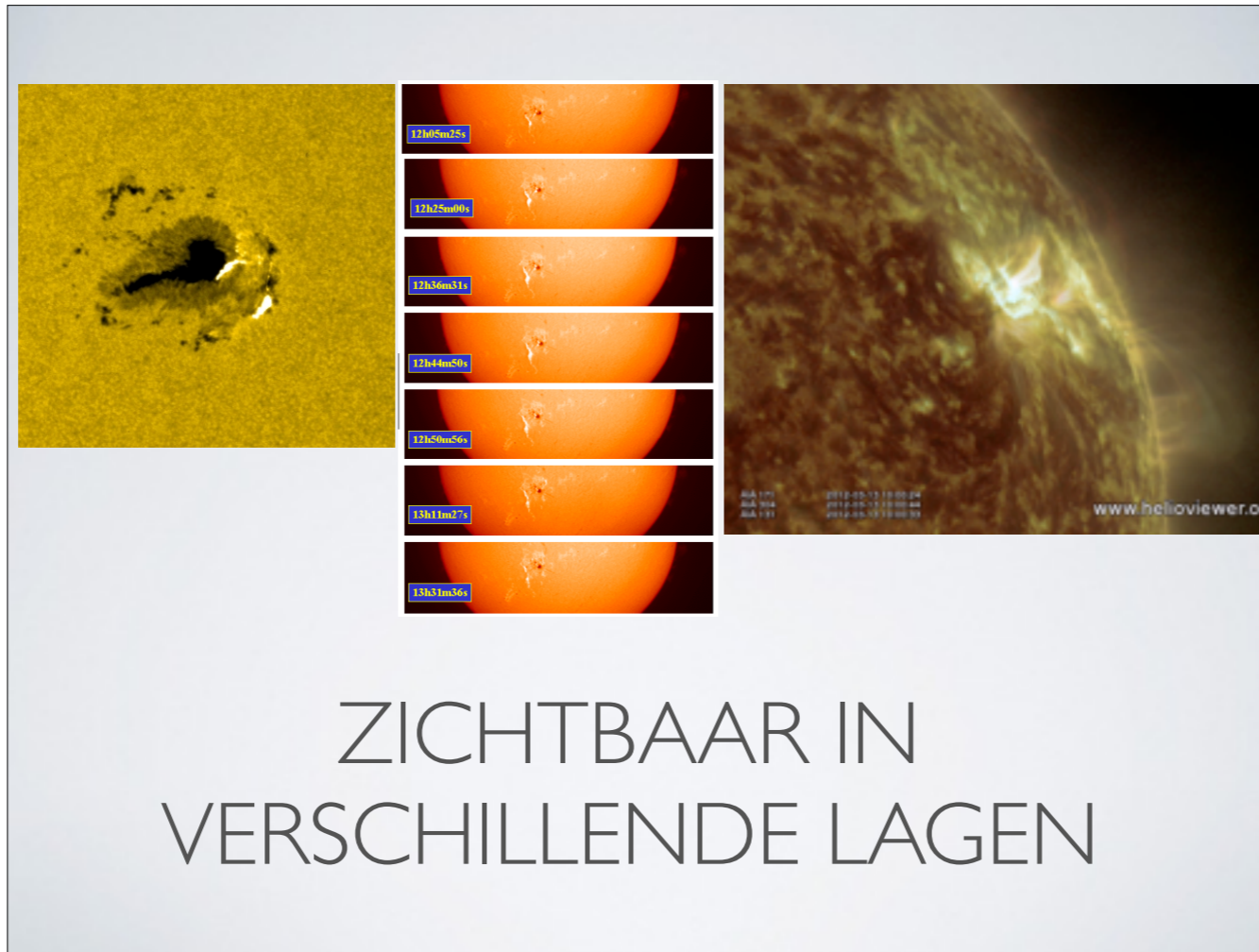


zonnevlekken —> zonnevlammen —> zonne-activiteit — meer een directe meting van energie-input in het aardsysteem.

licht-erupties
als we nu eens al het licht bestuderen dat de zon uitstraalt. Misschien varieert het hier



in 1859 werd door carrington de link gelegd tussen een uitbarsting een vlek en gebeurtenissen op de aarde: ruimteweer.



ZICHTBAAR IN VERSCHILLENDE LAGEN

The key to understanding and predicting solar flares is the structure of the magnetic field around sunspots. If this structure becomes twisted and sheared then magnetic field lines can cross and reconnect with the explosive release of energy.

Fotosfeer:

Het is zelden het geval dat er emissies waargenomen worden ter hoogte van de fotosfeer. Ze komen dan overeen met die van de chromosfeer.

Chromosfeer:

Tijdens een uitbarsting verschijnen heldere fakkelvelden in de omgeving van een neutrale magnetische lijn die vlekken met tegengestelde polariteit van elkaar scheidt.

Typische toename van de intensiteit met een factor groter dan 3 (tot 10), in vergelijking met een 'rustige' chromosfeer.

Corona:

In de corona produceert de zonnevlam een zeer lokale en kortstondige « flash ». Afhankelijk van de golflengte kan de intensiteit met een factor 100 tot meer dan 1 000 vergroten. Coronale bogen verdwijnen, wat wijst op een vermoedelijke herorganisatie van de magneetvelden. Dit is de impulsieve fase.

Daarna zal, gedurende enkele tientallen minuten, een gewelf van heldere lussen zich ontwikkelen, boven de neutrale magnetische lijn. Dit is de uitgebreide fase. Voor enkele intense zonnevlammen zal een schokgolf zich voortplanten vanaf de plaats van oorsprong.

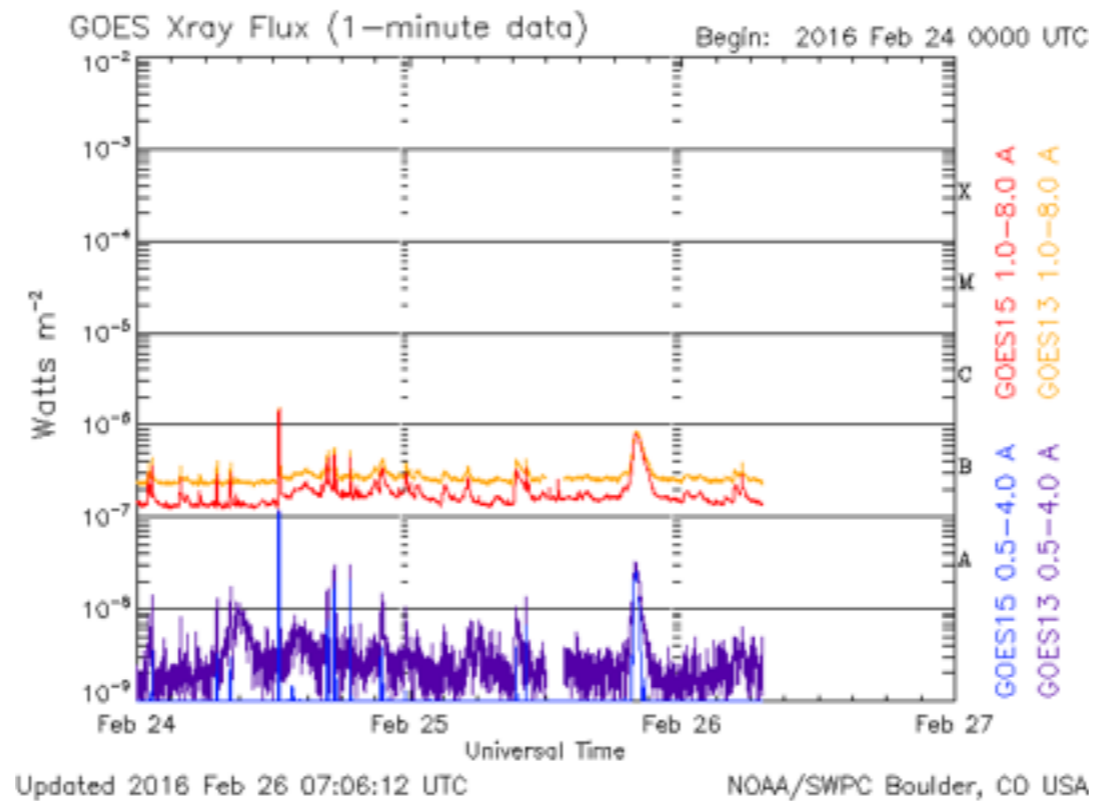
De tijdsvariaties zijn zeer verschillend als functie van de golflengte: men heeft verschillende fases:

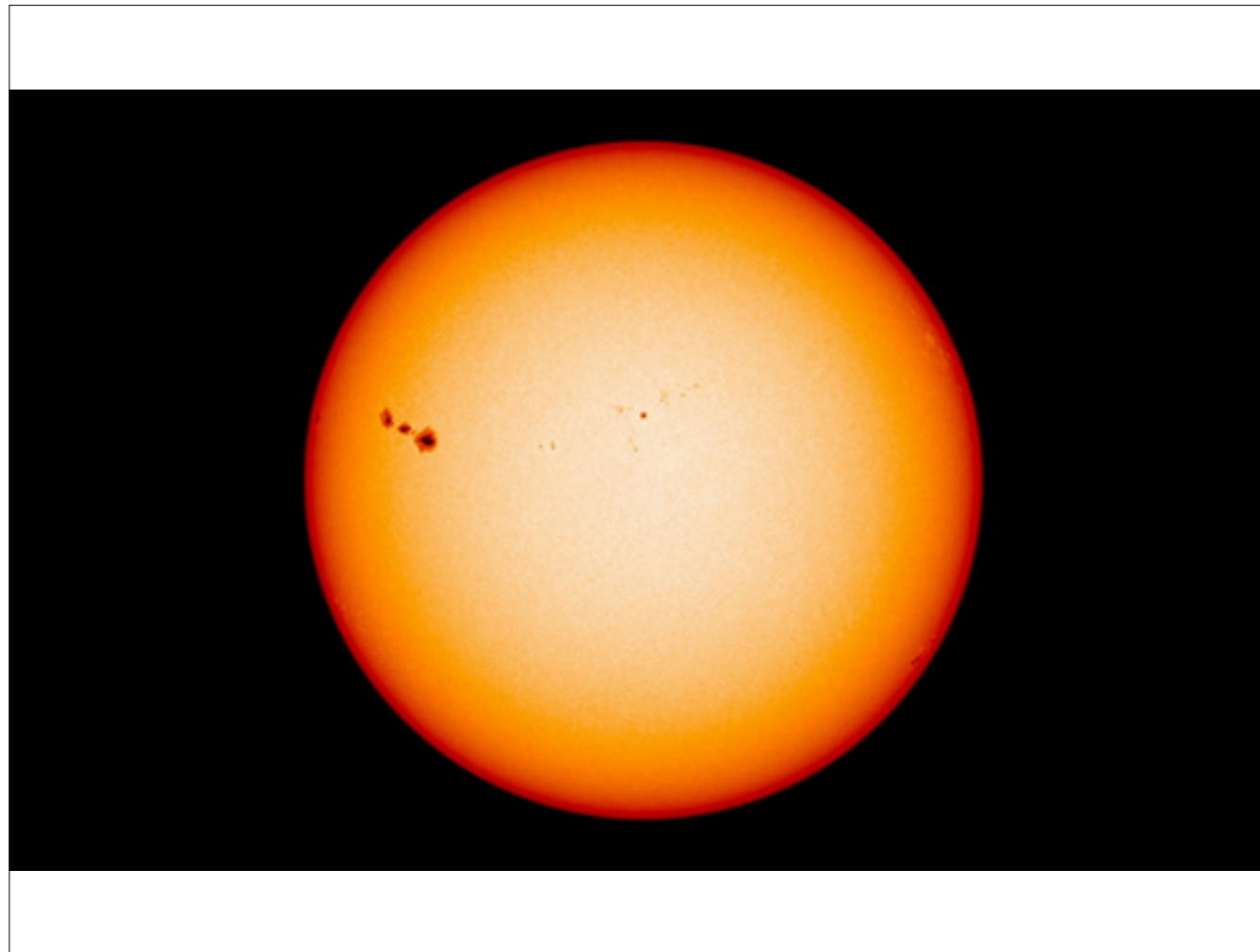
Voorloper: Kleine uitbarsting van energie, Verhoogde emissie van zachte radio en X-stralen.

Impulsieve fase: Explosieve energie-injectie en versnelling van deeltjesbundels, Korte impuls van radio stralen (type III), harde X-stralen en γ -stralen, Snelle en herhaalde opflakking (enkele milliseconden tot 10s), Tijdsperiode: 1 tot 10min.

Hoofd – of uitgebreide fase:

Energie-uitstoot, Geleidelijke evolutie, Maximum, dan afname van de coronale (continuum, radio, UV, zachte X-stralen) en chromosferische ($H\alpha$) emissies, Thermische straling als gevolg van de verhitting van de corona en de chromosfeer door botsen van versnelde deeltjes, Tijdsperiode : enkele minuten tot verschillende uren.

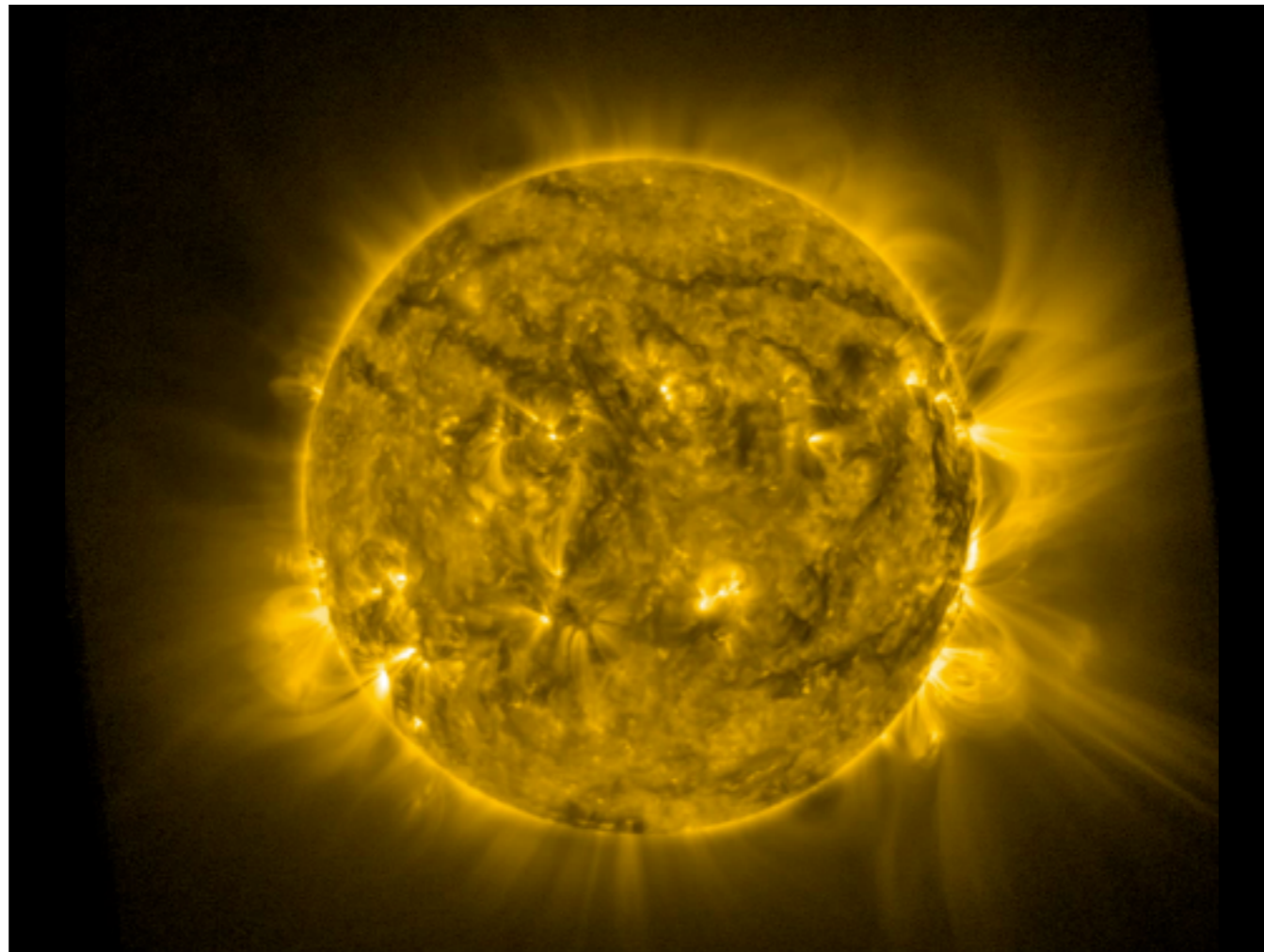




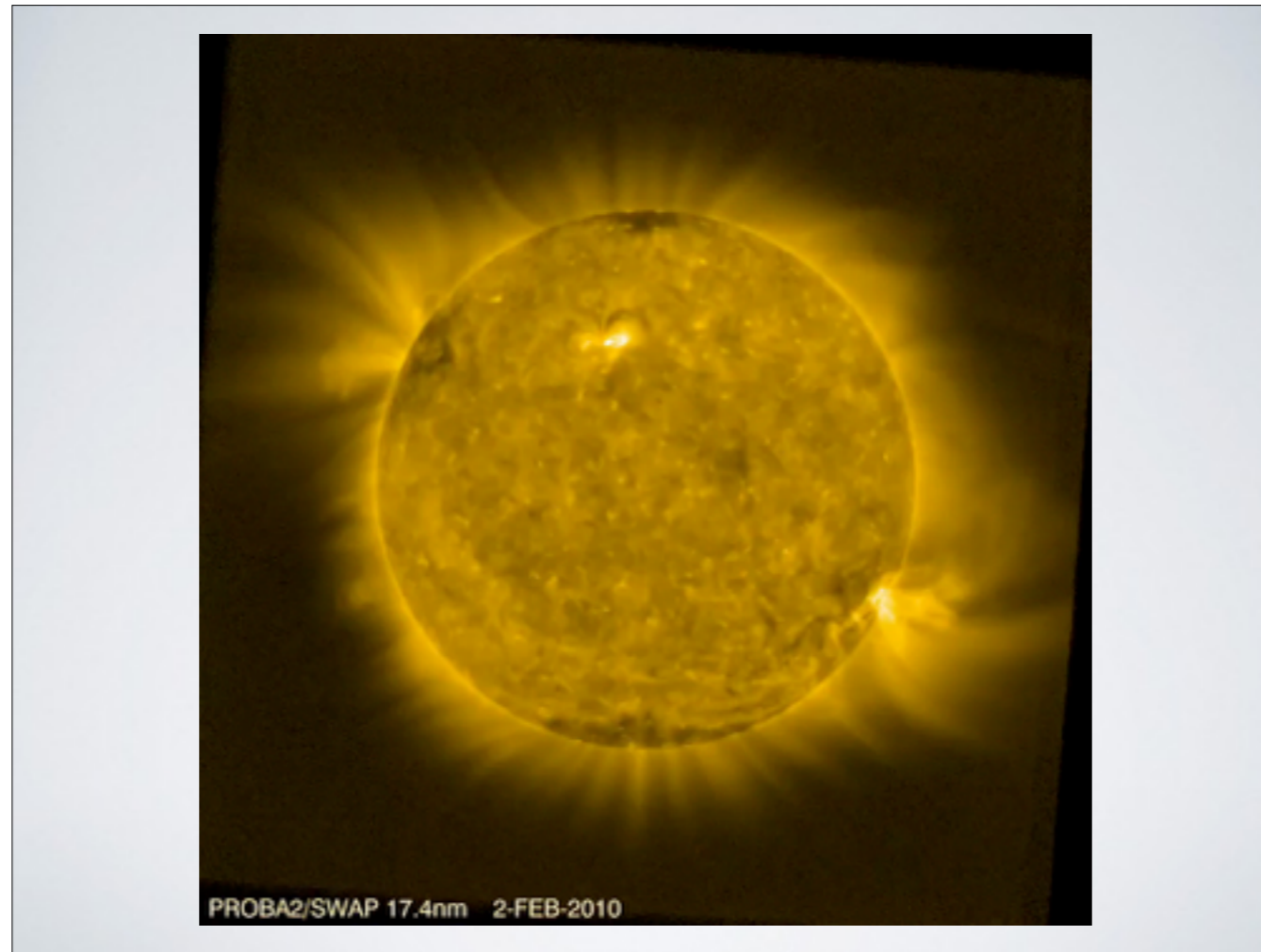
zonnevlekken zijn gelinkt met lichte vlekken in de zonnecorona. Als we nu eens de variatie bekijken in het EUV?

We use many tricks to observe the Sun and its activity. One of them is to look at the Sun using different parts of the light spectrum, thus in different wavelengths. From Earth, with the naked eye, we see the surface of the Sun in white light like this. However, now that I start the movie, you can see how looking at the Sun in other wavelengths from space reveals very different structures and complexity. For this we mainly use extreme ultraviolet wavelengths because we are studying the hot outer region of the Sun, the corona. We see active regions, these are the bright patches, that show up in EUV wavelengths where the sunspots were first seen in white light. We also see the effects of the sun's magnetic field in the many loops above these sunspots. Each wavelength shows us different aspects and different layers of the solar atmosphere and by combining them, we try to build a complete picture of the solar activity.

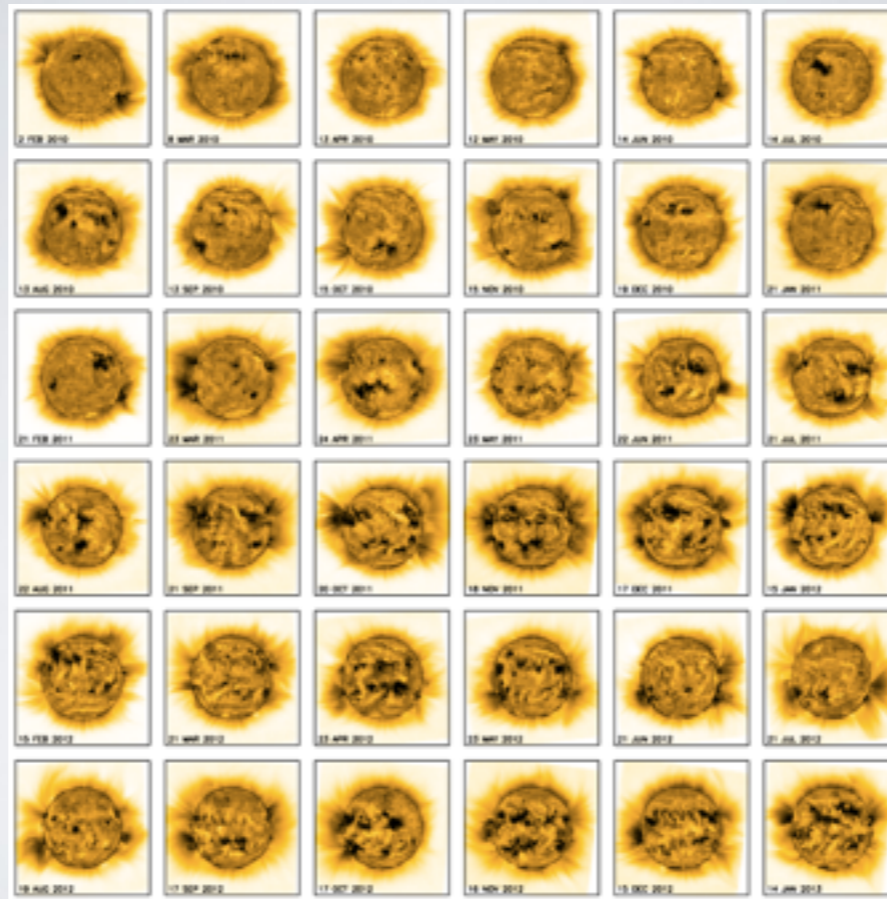
Therefore, we have many instruments in space to observe the solar atmosphere. This movie was made combining different observations from the AIA telescope on board the Solar Dynamics Observatory. However, my favourite solar imager is the...

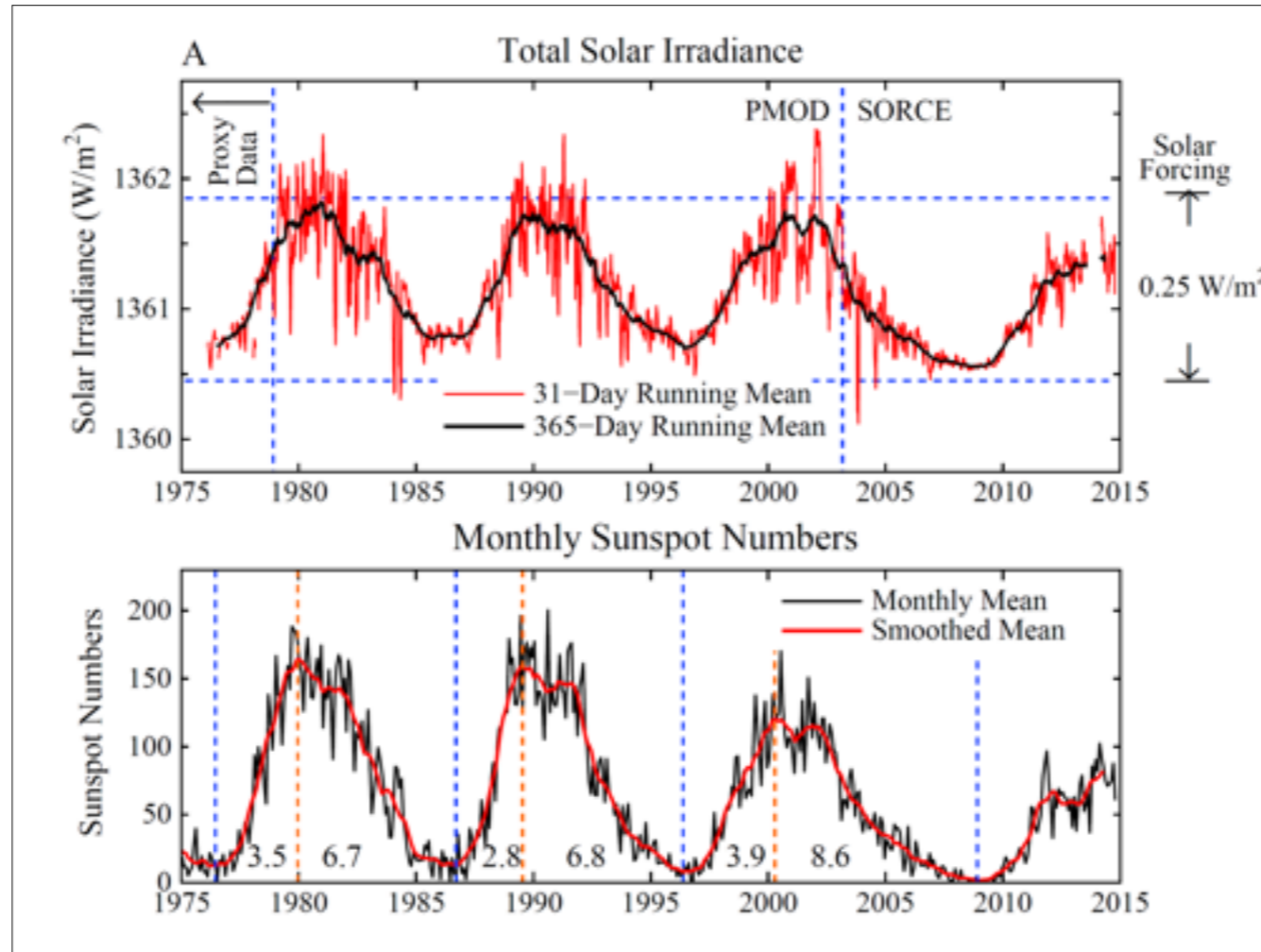


Variaties in het EUV over een tijdsperiode van een aantal carrington rotaties



EUV variatie over 5 jaar





De stralingsenergie die de aarde bereikt, bedraagt ongeveer 1365 Watt per vierkante meter aan de top van de atmosfeer. Dit is de "total solar irradiance" (TSI) en wordt gebruikt in klimaatstudies

TSI: sunspots down
facula up

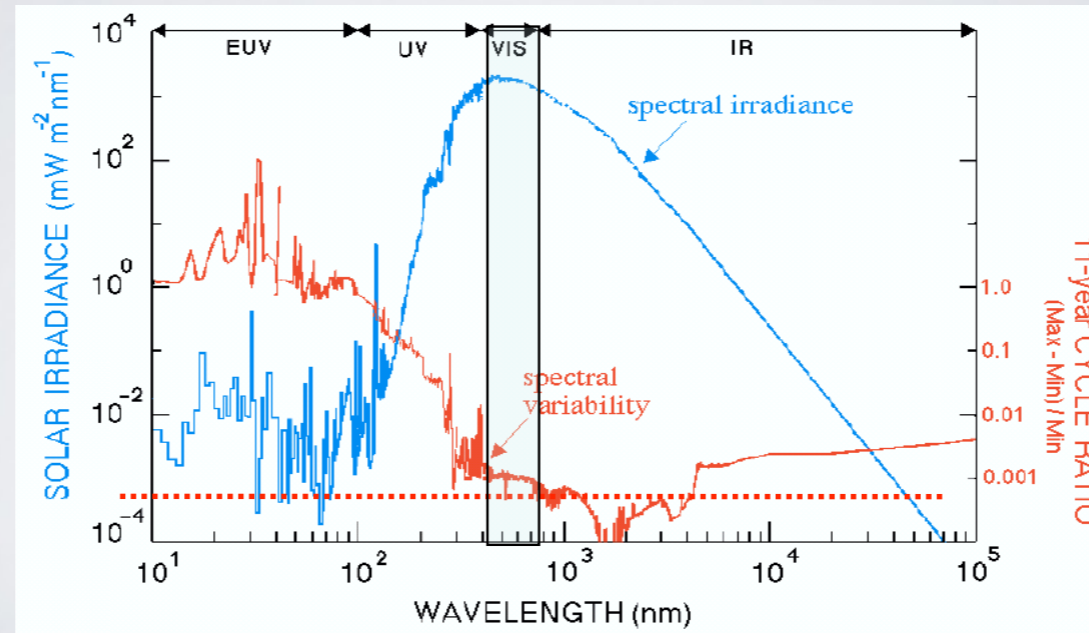
TSI geeft een indruk van globaal gedrag, maar niet van momentaan gedrag zonnevlekkenindex

Nog andere indices: new emerging B + old plages (overblijfselen van oude B)

This represents a fraction of the Solar constant, the total amount of electromagnetic radiation emanating from the Sun in all directions.

Lots of studies into the Sun-climate link have reported that recent changes in the heat output by the Sun are simply too small to explain much of the recent global warming. Even 5 years ago it was clear that Earth's temperature isn't tracking solar activity very well. And now including data up to 2015, that pattern is even clearer. In each case the 2015 result is based on slightly incomplete data: up to end-November for temperature and mid-October for solar activity. It shows that in the 5 years since we first published a version of the figure below, Earth's surface has continued to warm despite declining solar activity.

VARIATIE LICHTKRACHT/ GOLFLENGTE



Het zichtbare en infrarode spectrum, voortgebracht ter hoogte van de fotosfeer, varieert bijzonder weinig (<1%).

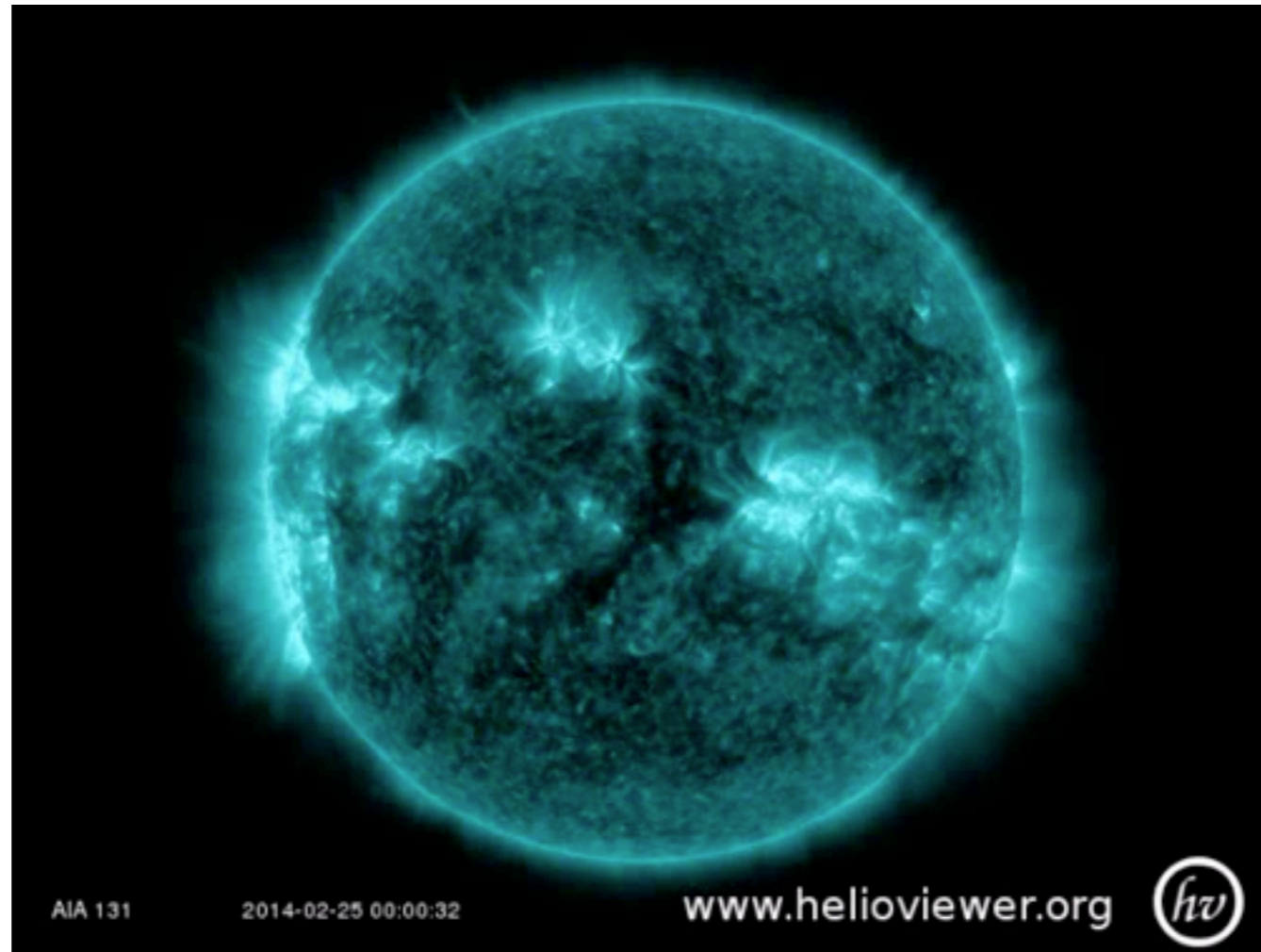
De variaties zijn veel hoger (een factor 10 tot 1000), bij golflengtes onder de 320 nm, in het ultraviolet. Deze straling, die echter van de andere lagen komt (chromosfeer, corona) komt slechts overeen met 2% van de totale straling. Ze heeft niettemin een belangrijk effect op de hogere aardatmosfeer

als je alles integreert onder de blauwe curve, bekom je de TSI

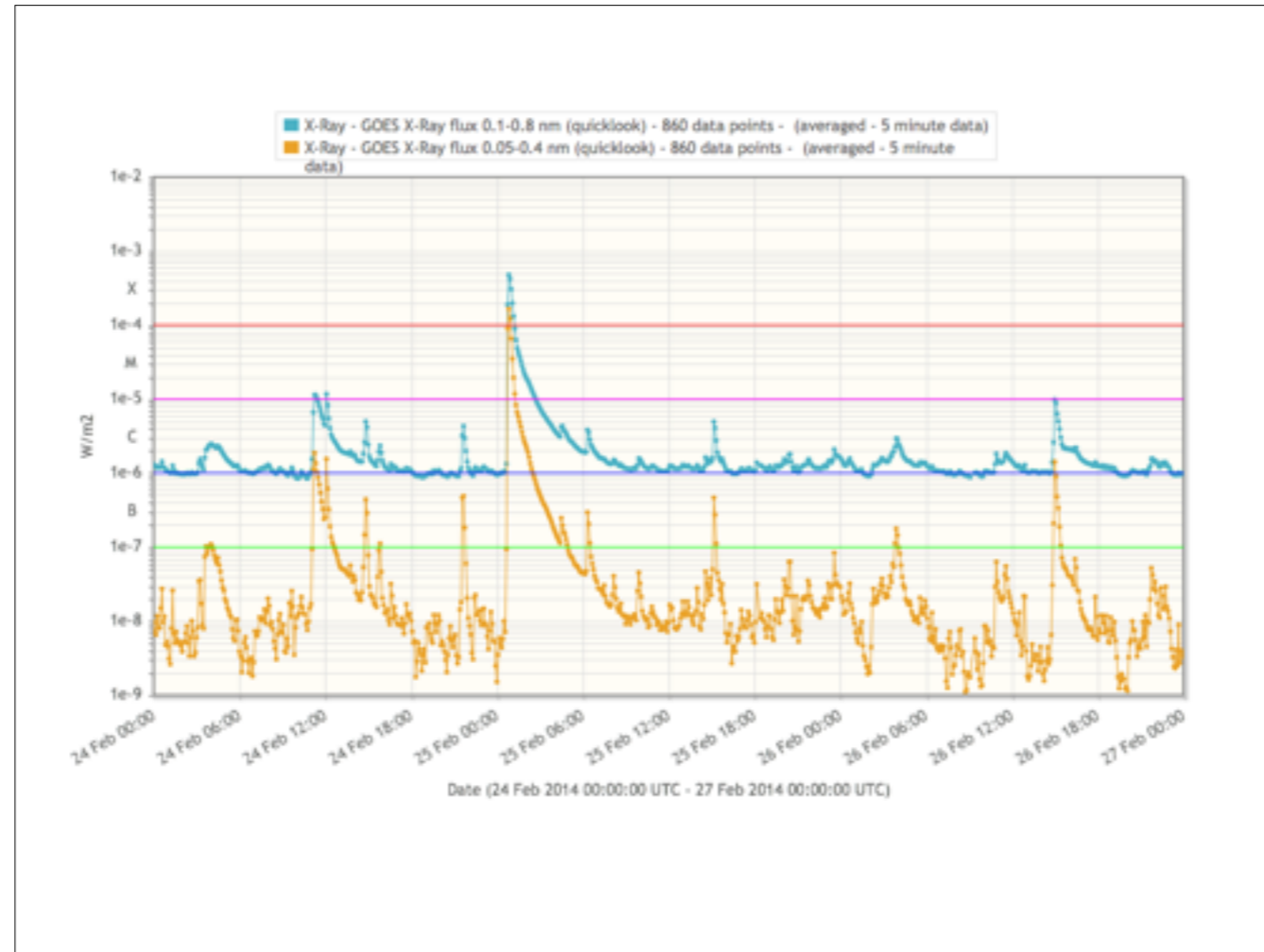
als je de TSI vermenigvuldigd met het oppervlak van een bol met straal 1AU,

$4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot 1367$ met $R = 1,496 \cdot 10^8$ km dan bekom je de lichtkracht van de zon, $3,839 \cdot 10^{26}$ Watt

waarom volgt ons klimaat niet de 11-jarige cyclus: de bijdrage tot de TSI van het stuk van het spectrum dat het meest varieert over een zonnecyclus is het kleinst



lichtvariatie is het sterkst in EUV en minder in zichtbaar in langere golflengtes



X-ray variatie van een zonnevlam

Een zonnevlam kan niet opeens de temperatuur op het aardoppervlak aan de dagzijde van de aarde doen stijgen: de totale output in X-ray and EUV verhoogd enorm, maar maakt nog steeds een klein deel uit van de totale e.m. energie die de aarde ontvangt

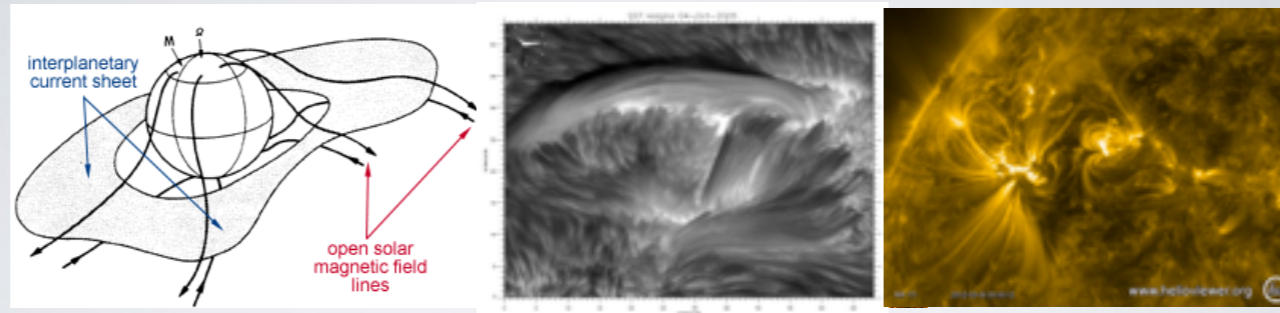
In de bovenste atmosferische lagen merkt je wel fenomenen op, maar die zijn niet relateert aan het klimaat.

Magneetveld



Are cold winters in Europe associated
with low solar activity?

Lage zonnevlekkenindex leidt tot koudere winters voor Noord-Europa

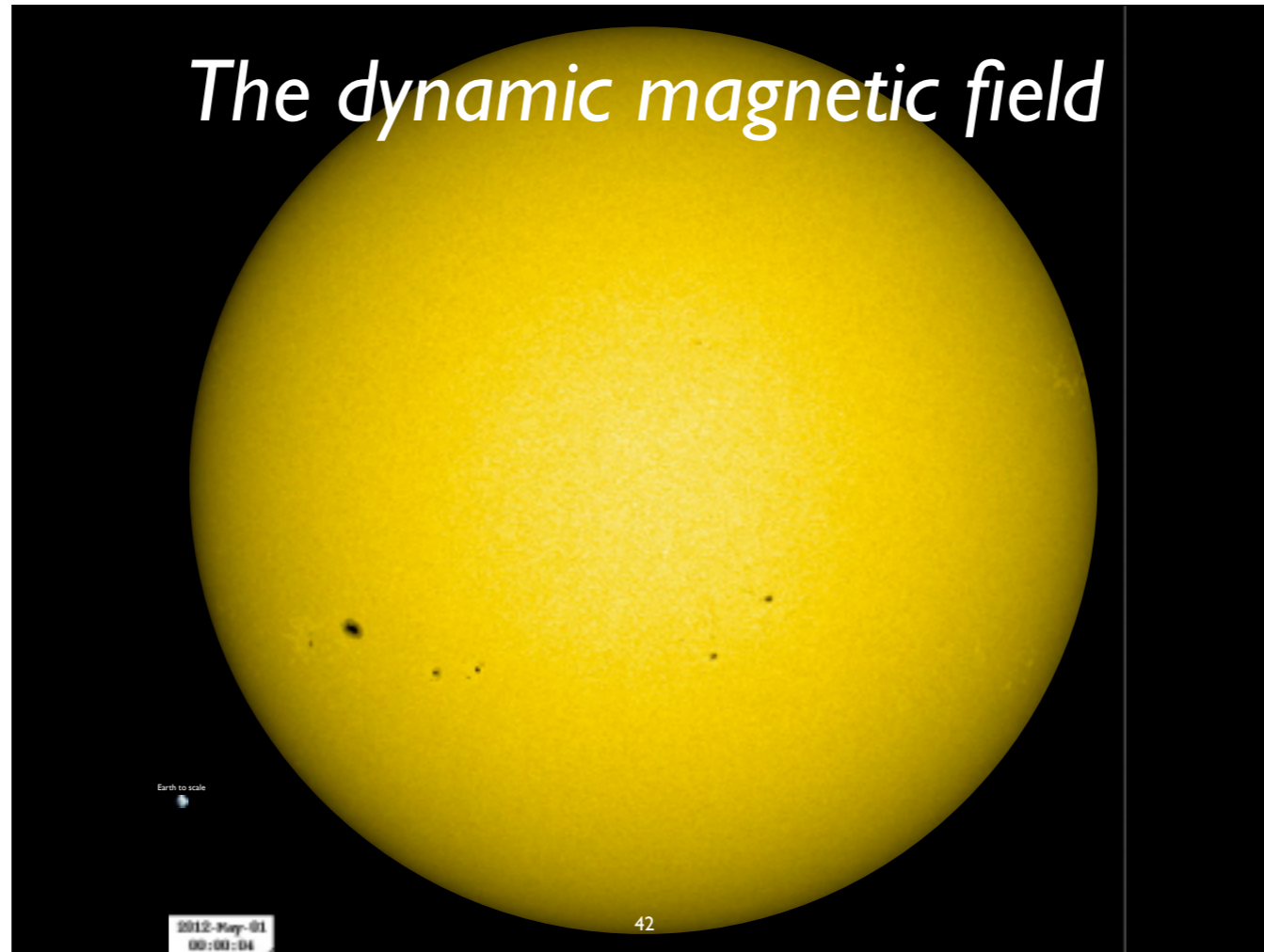


MAGNETISME

spicules, AR, June 2004

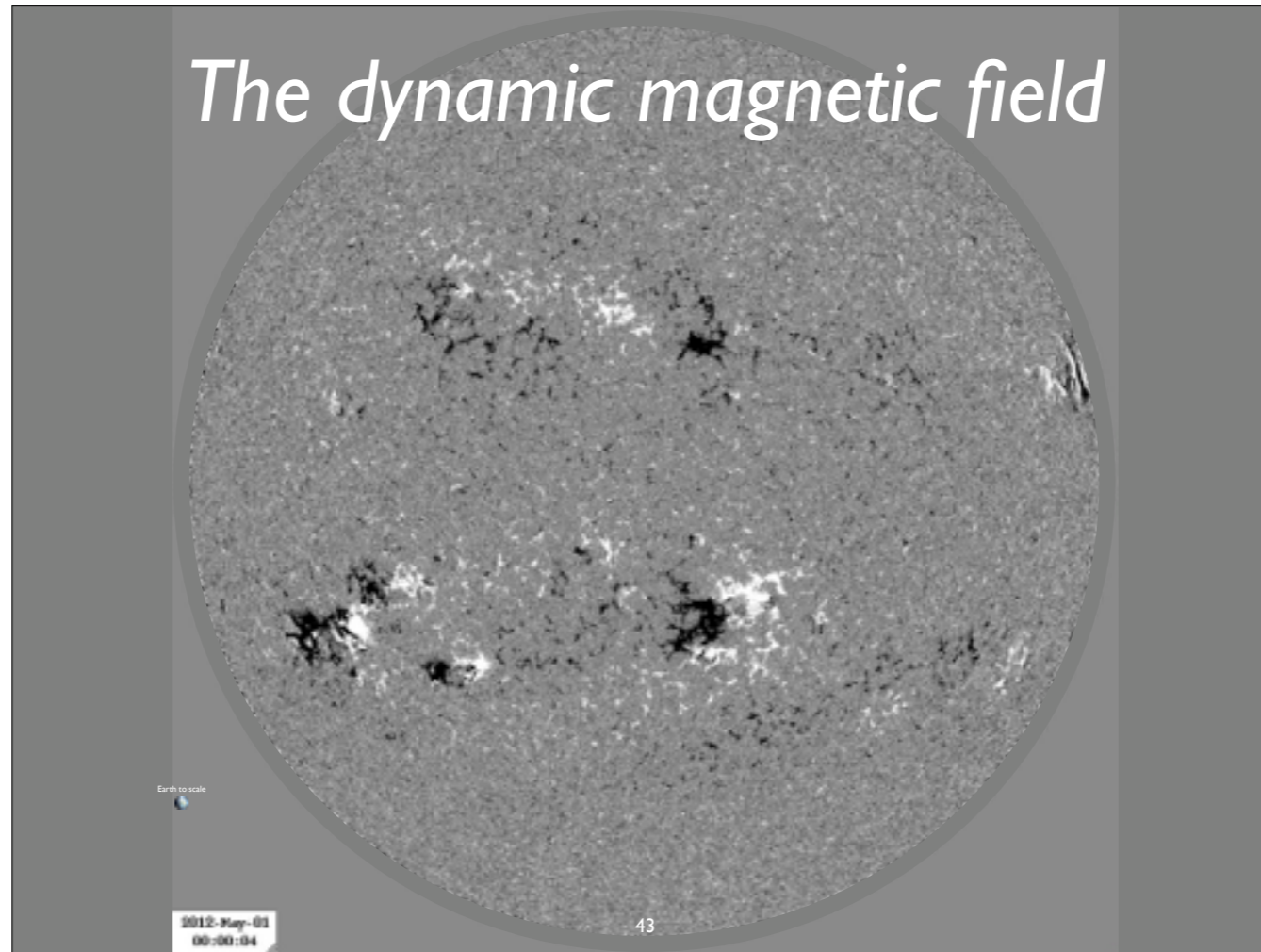
Swedish Solar Telescope; hydrogen "alpha"

The dynamic magnetic field

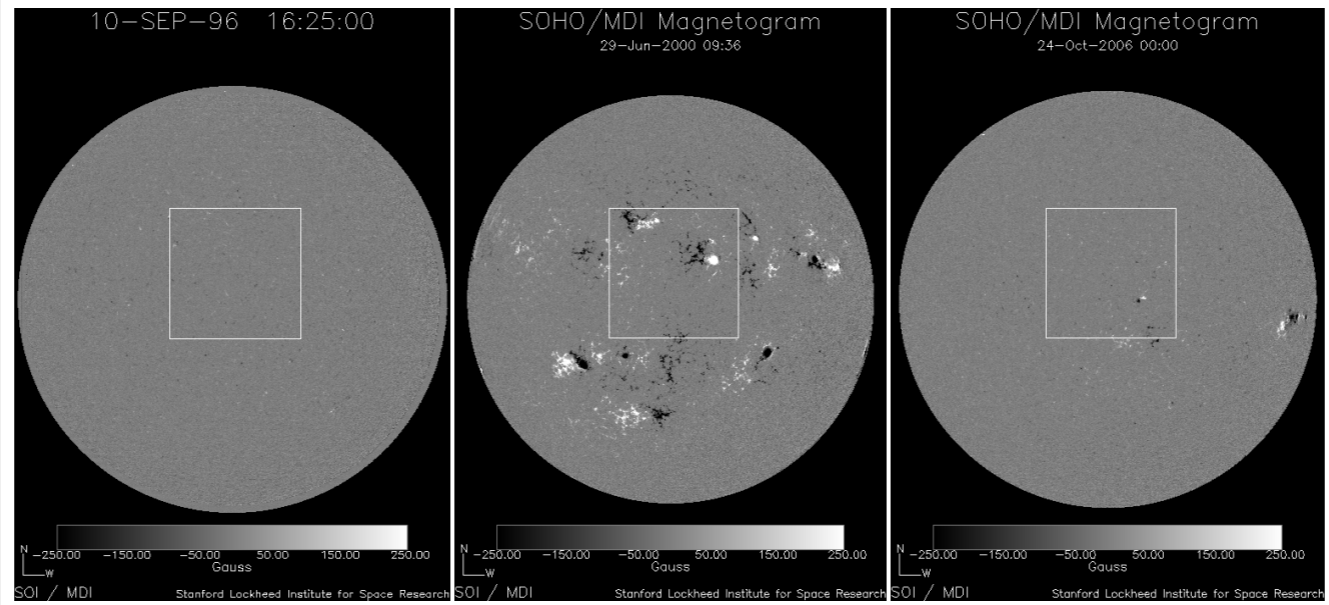


variatie over een maand

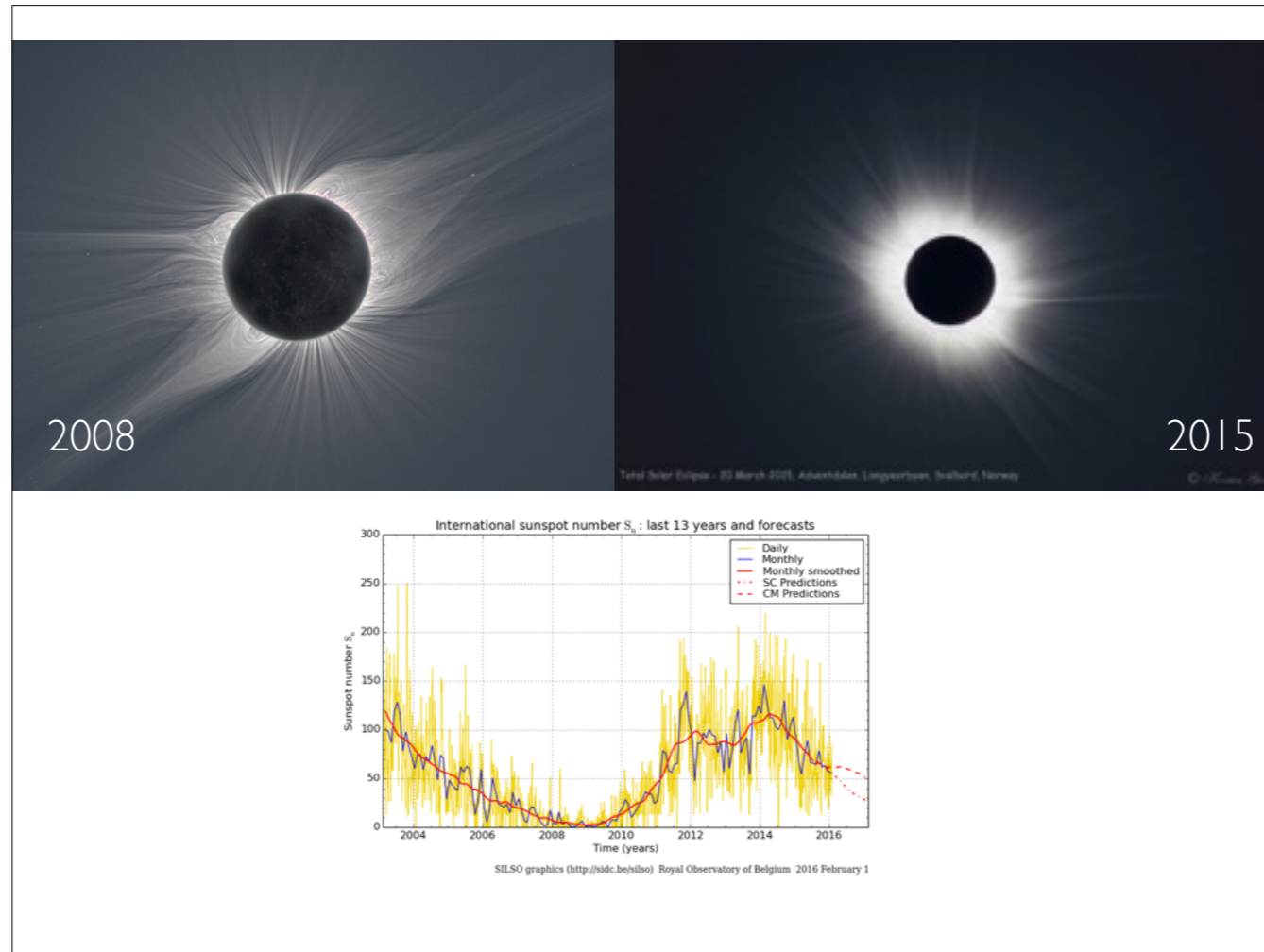
The dynamic magnetic field



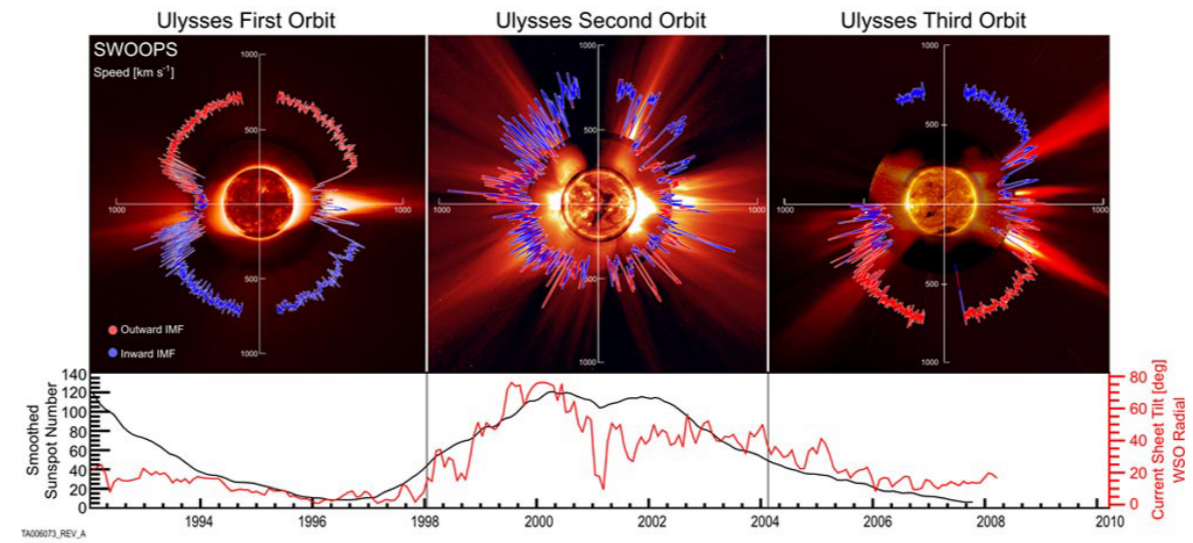
variatie over een maand



variatie over tijdspanne van jaren



dipool structuur is minder zichtbaar tijdens zonnemaximum



SOLAR WIND

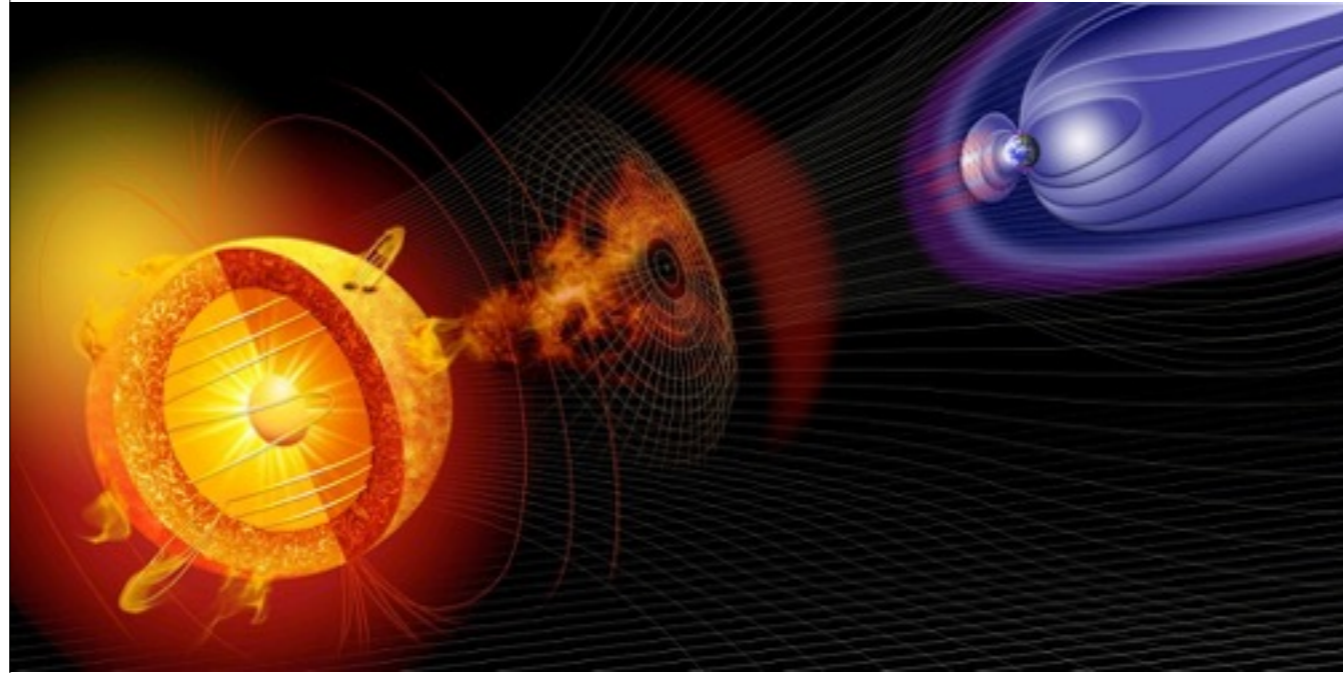
zonnwind en het interplanetair magneetveld zijn aan elkaar gelinkt.

solar wind is not the same on all places of the solar disk.

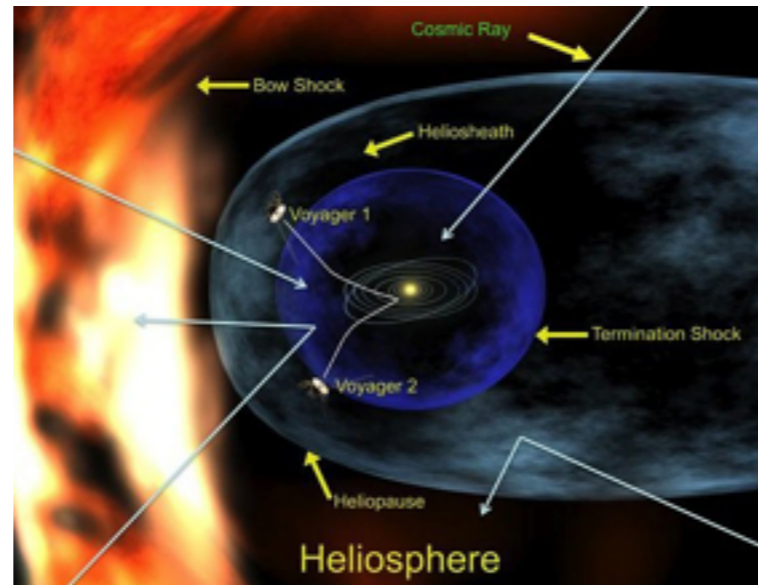
minimum: more structured

maximum: global and local magnetic field mingle strongly

fast solar wind streams are associated with coronal holes and open field regions of the corona while slow streams come from the closed field regions primarily concentrated near the equatorial (or streamer) belt.



HELIOSFEER



KOSMISCHE CONNECTIE

Kosmisch straling zorgt voor ionisatie in the lagere atmosfeer (< 35 km) en voor productie van radioactieve elementen zoals koolstof 14 en Beryllium 10

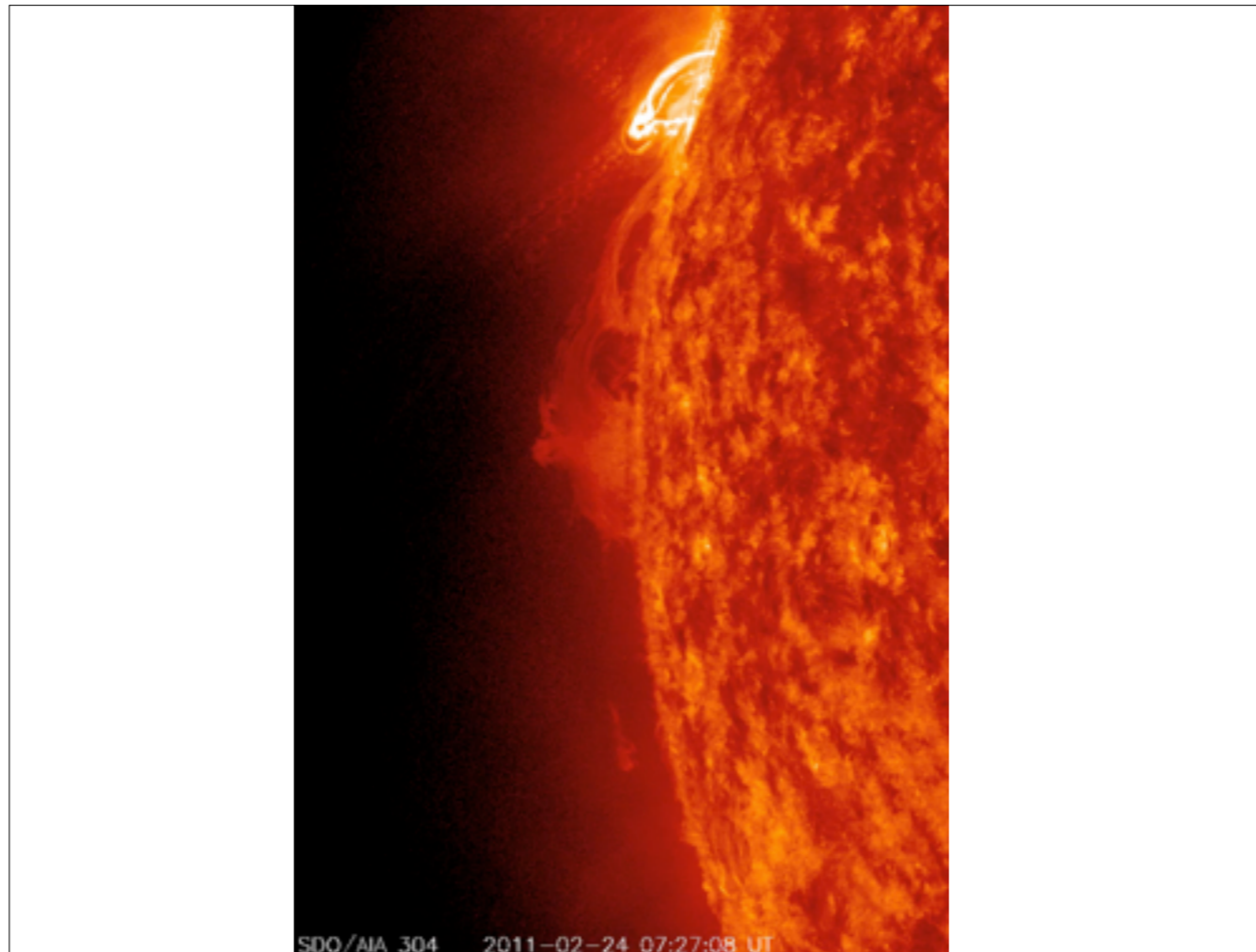
Koolstof: normaal 12 protonene en neutronen

Koolstof 14: halfwaarde tijd 5730 jaar

Beryllium: normaal 9 protonen en neutronen in kern

Be 10: halfwaardetijd 2 600 000 jaar

GCR deeltjes zijn zwaarder en meer energetisch dan de deeltjes in de zonnwind. GCR kunnen de lagere atmosfeer sterk ionizeren.

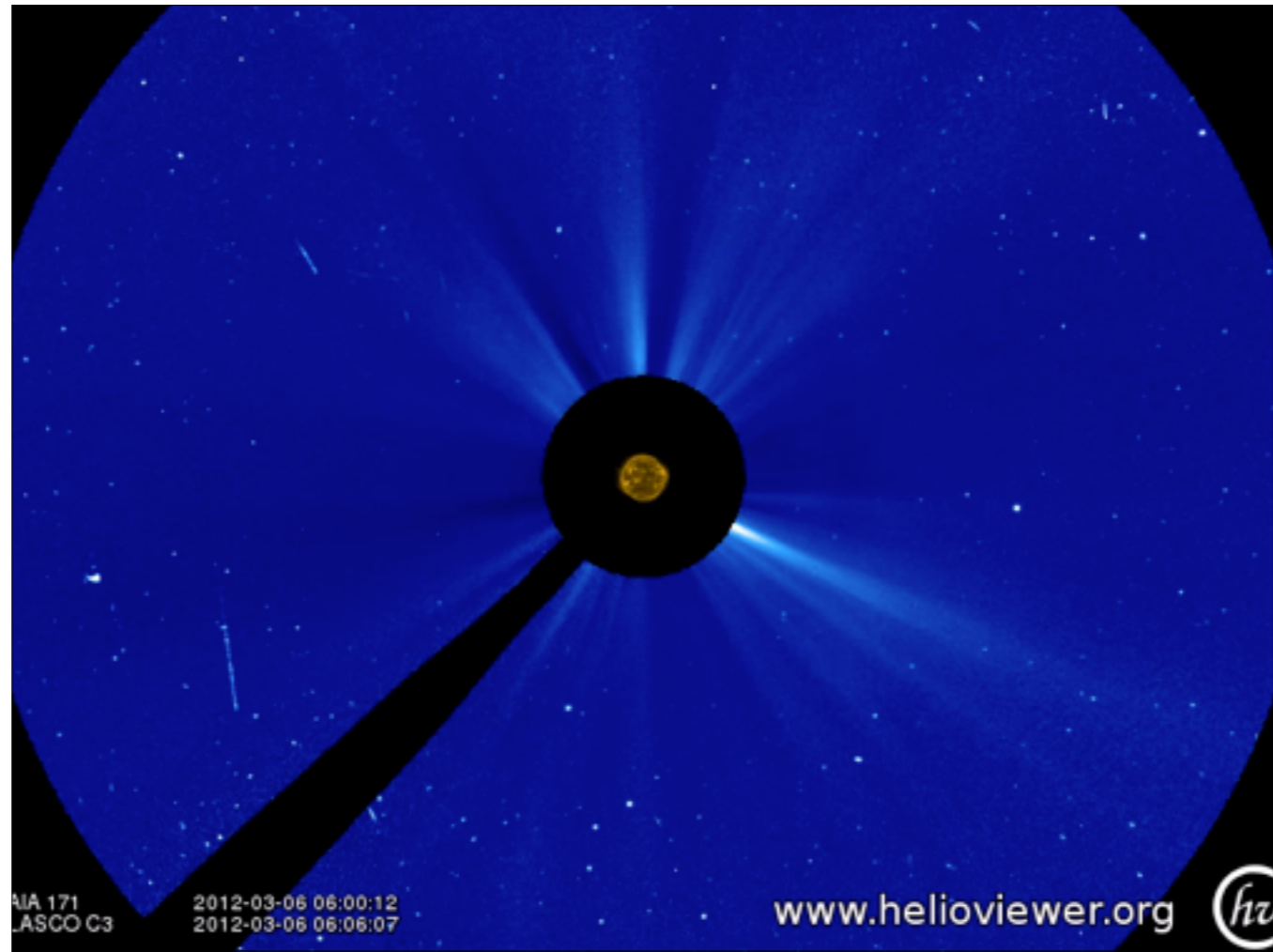


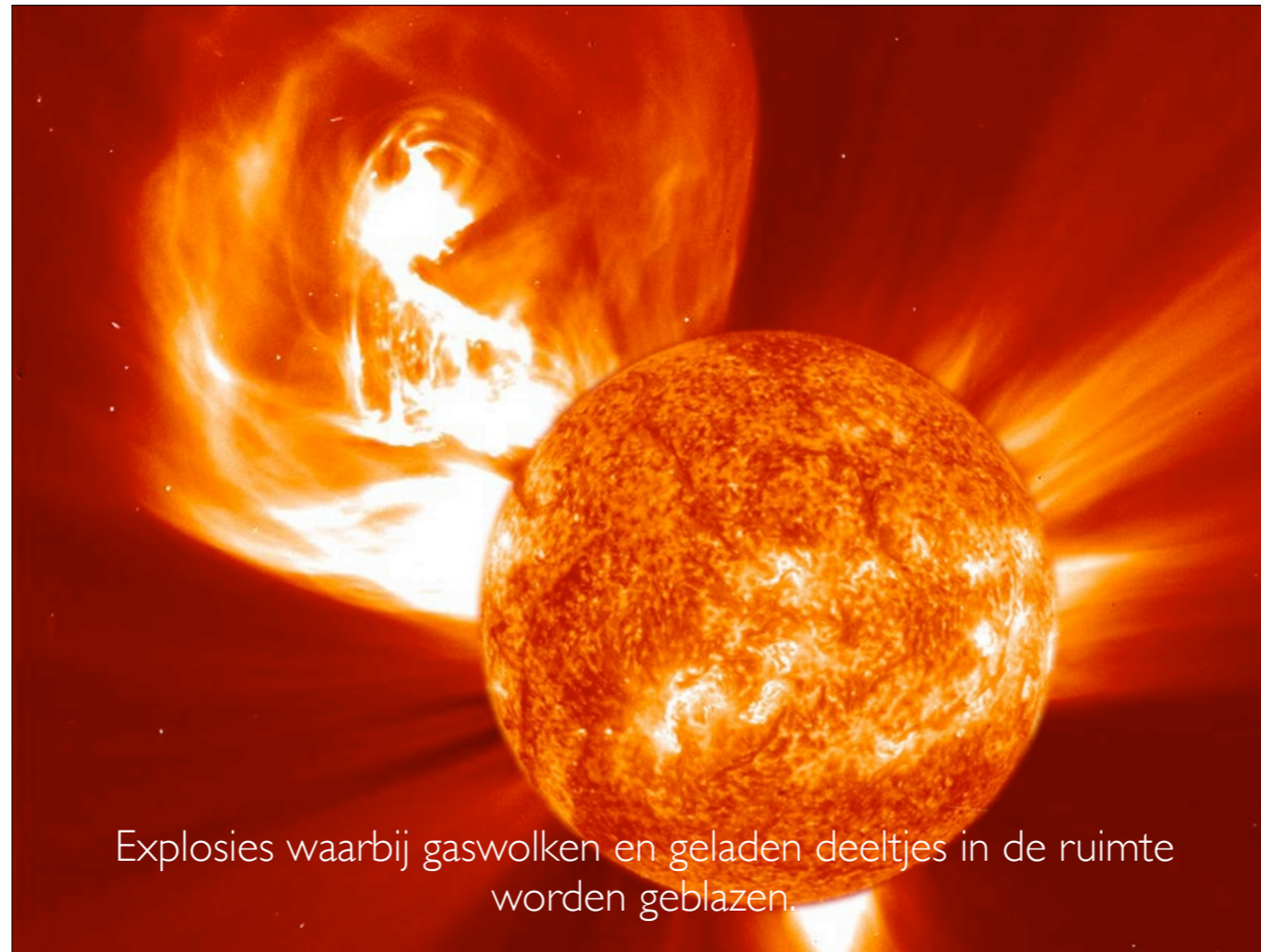
CME's zijn plasma-blobs die uit de zonneatmosfeer ontsnappen. Het is een magnetische plasmastructuur in de zonnewind die zich een weg baant door het interplanetair magnetisch veld en die wordt beïnvloed door de zonnewind. Bekijk het als een magnetische/plastieken tas gevuld met plasma. De tas wordt beïnvloed door de omringende zonnewind en kan deze versnellen of vertragen. Als de tas trager gaat dan de zonnewind, wordt deze versneld door de zonnewind. Als de tas sneller gaat dan de zonnewind, heeft de zonnewind een vertragend effect. Als je ver genoeg van de zon zou gaan staan, zal je geen plotse sprong in in situ plasma-snelheid meer waarnemen. De tas is ook niet 'dicht': plasma kan erin en kan eruit zodat uiteindelijk ook het dichtheidsprofiel vlak wordt. Het wordt dan een magnetische tas zonder speciale inhoud. De natuur heeft de neiging om alles te egaliseren. Op 1AU is dit dikwijls nog niet het geval.

CME's en de zonnewind versnellen tussen 1 en 5-10 zonnenradii. De zonnewind versnelt in de lage corona van 20 km/s tot 200 - 800 km/s. Er zijn idd al CME's waargenomen met snelheden minder dan 100 km/s. Dikwijls zijn dit kleine plasma structuren die je ziet vertrekken, maar uiteindelijk worden deze toch versneld tot de snelheid van de zonnewind.

Een trage CME kan een effect hebben op de magnetosfeer, niet zozeer omwille van de plasma- en kinetische druk maar eerder doordat de magnetische zak koppelt met het aardmagnetisch veld. Maar meestal heeft een trage en lichte CME geen sterke magnetische tas.

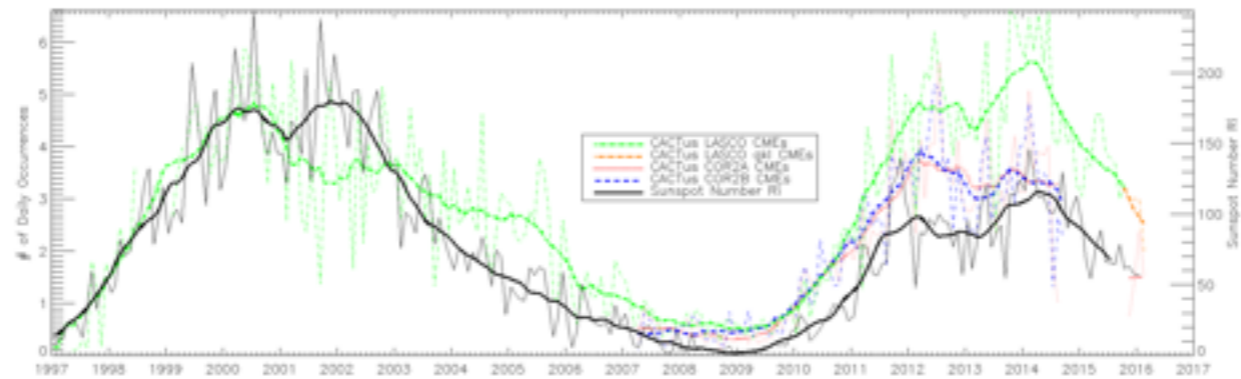
Denk aan de analogie met een plastic winkeltasje: voor weinig heb je geen sterke, grote tas nodig, voor heel veel en zware dingen heb je een grote, sterke tas nodig. Smak je een grote, zware tas ergens tegen, is het effect groter dan dat je een klein onnozel plastic tasje met zo goed als niks in ergens tegenaan gooit (ver zal je in het laatste geval zelfs niet kunnen gooien).





Explosies waarbij gaswolken en geladen deeltjes in de ruimte worden geblazen.

Explosies waarbij gaswolken en geladen deeltjes vanaf de Zon in de ruimte worden geblazen



AANTAL CME'S

A Forbush decrease is a rapid decrease in the observed galactic cosmic ray intensity following a coronal mass ejection (CME). It occurs due to the magnetic field of the plasma solar wind sweeping some of the galactic cosmic rays away from Earth. The term Forbush decrease was named after the American physicist Scott E. Forbush, who studied cosmic rays in the 1930s and 1940s.

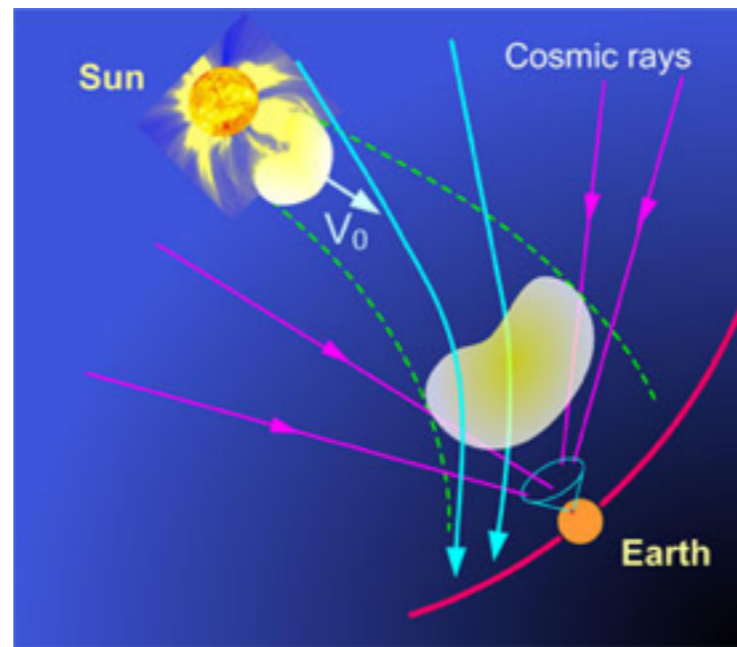
The Forbush decrease is usually observable by particle detectors on Earth within a few days after the CME, and the decrease takes place over the course of a few hours. Over the following several days, the solar cosmic ray intensity returns to normal. Forbush decreases have also been observed by humans on Mir and the International Space Station (ISS), and by instruments onboard Pioneer 10 and 11 and Voyager 1 and 2, even past the orbit of Neptune.

The magnitude of a Forbush decrease depends on three factors:

- the size of the CME
- the strength of the magnetic fields in the CME
- the proximity of the CME to the Earth

A Forbush decrease is sometimes defined as being a decrease of at least 10% of galactic cosmic rays on Earth, but ranges from about 3% to 20%. Reductions of 30% or more have been recorded aboard the ISS.

The overall rate of Forbush decreases tends to follow the 11-year sunspot cycle. Because it is more difficult to shield astronauts from galactic cosmic rays than from solar wind, it is hypothesized that future astronauts might benefit most from radiation shielding during solar maxima, when CMEs are most prevalent.



FOBUSH DECREASE

A Forbush decrease is a rapid decrease in the observed galactic cosmic ray intensity following a coronal mass ejection (CME). It occurs due to the magnetic field of the plasma solar wind sweeping some of the galactic cosmic rays away from Earth. The term Forbush decrease was named after the American physicist Scott E. Forbush, who studied cosmic rays in the 1930s and 1940s.

The Forbush decrease is usually observable by particle detectors on Earth within a few days after the CME, and the decrease takes place over the course of a few hours. Over the following several days, the solar cosmic ray intensity returns to normal. Forbush decreases have also been observed by humans on Mir and the International Space Station (ISS), and by instruments onboard Pioneer 10 and 11 and Voyager 1 and 2, even past the orbit of Neptune.

The magnitude of a Forbush decrease depends on three factors:

- the size of the CME
- the strength of the magnetic fields in the CME
- the proximity of the CME to the Earth

A Forbush decrease is sometimes defined as being a decrease of at least 10% of galactic cosmic rays on Earth, but ranges from about 3% to 20%. Reductions of 30% or more have been recorded aboard the ISS.

The overall rate of Forbush decreases tends to follow the 11-year sunspot cycle. Because it is more difficult to shield astronauts from galactic cosmic rays than from solar wind, it is hypothesized that future astronauts might benefit most from radiation shielding during solar maxima, when CMEs are most prevalent.

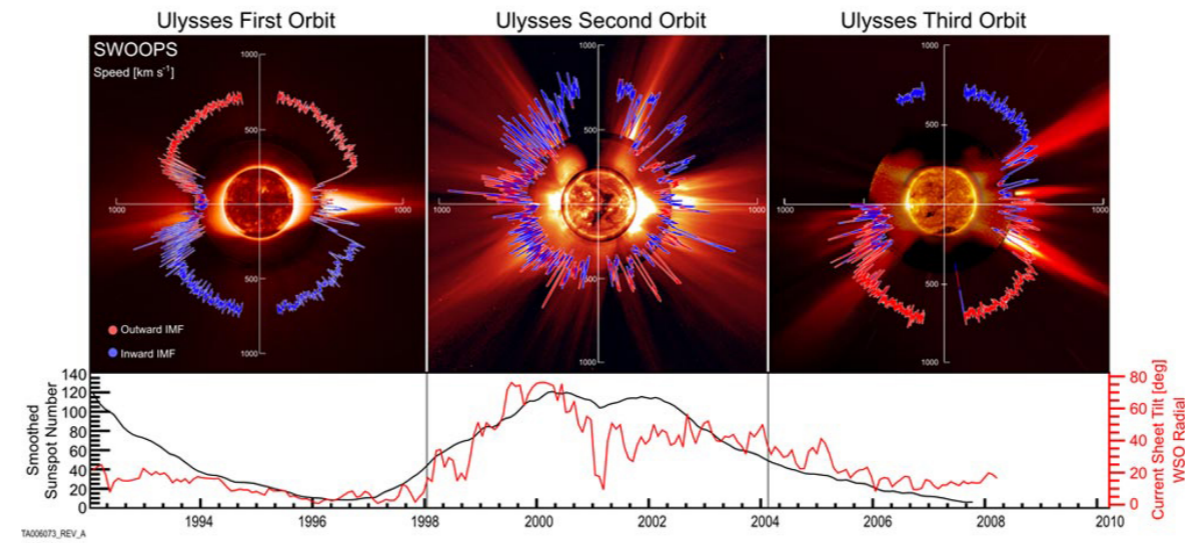
During the powerful solar coronal mass ejections (CME), clouds of magnetized plasma can produce strong magnetic storms in magnetosphere of the Earth. When solar plasma cloud reaches the Earth vicinity, decreases of CR flux (Forbush effects) registered by worldwide net on neutron monitors (NM) and muon detectors take place. Movement of solar plasma through the heliosphere disturbs magnetic field causing the deflection of galactic CR (see Fig. 1)



Are cold winters in Europe associated
with low solar activity?

OPEN MAGNETIC FLUX

het laagste van zonnevlekken is nul terwijl de open magnetic flux toch nog kan dalen terwijl de zonnevlekken al op nul zitten.



OPEN MAGNETIC FLUX

In the satellite area

solar wind is not the same on all places of the solar disk.

minimum: more structured

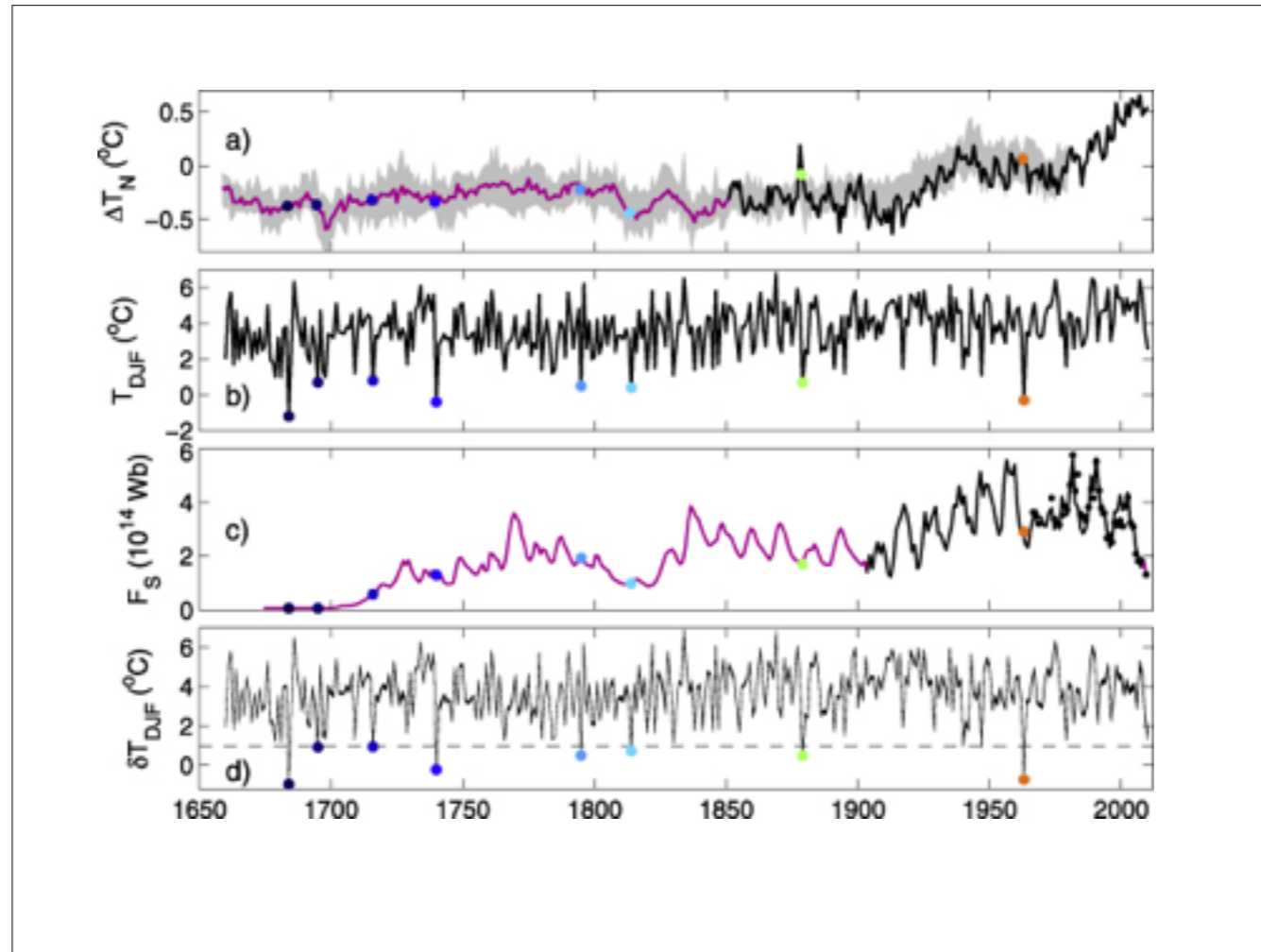
maximum: global and local magnetic field mingle strongly

fast solar wind streams are associated with coronal holes and open field regions of the corona while slow streams come from the closed field regions primarily concentrated near the equatorial (or streamer) belt.

Sunspot number
(anti gecorreleerd met) GCR
(gecorreleerd met) TSI
ground-based geomagnetic data

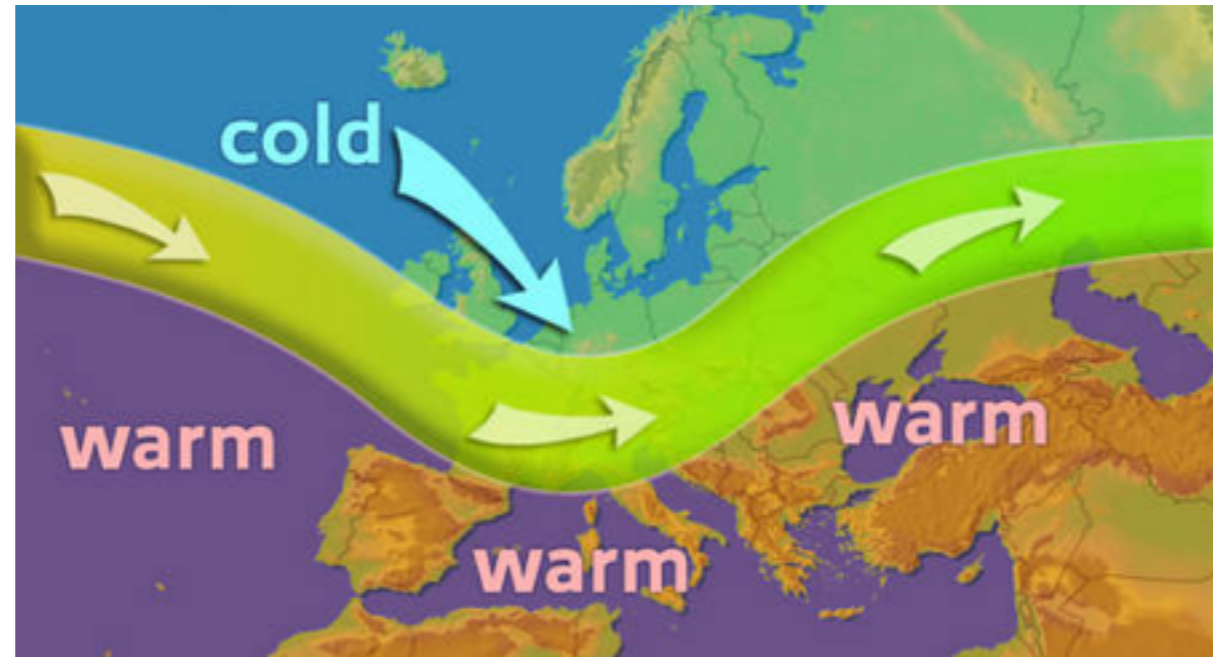
OPEN MAGNETIC FLUX

In the pre-satellite area



Colder UK winters can therefore be associated with lower open sola flux (and hence with lower solar irradiance and higher cosmic ray flux)
 Lage zonnevlekkenindex leidt tot koudere winters voor Noord-Europa

JET STREAM



stratosfeer: 20-50 km boven het aardoppervlak

UV wordt geabsorbeerd door ozon in de stratosfeer - verhitting van de stratosfeer.

Grootste effect in de tropische regio's met het sterkste zonlicht → temperatuurgradiënt → noordelijk en zuidelijke jet streams.

“Relatively simple models have demonstrated that heating the equatorial stratosphere can push the jet streams apart just a little bit,” says Lockwood. Similarly, cooling the stratosphere — as occurs during periods of low solar activity — allows the jet streams to shift towards the Equator. This, he says, seems to have a profound effect on European weather by causing the northern jet stream to block warm maritime air from reaching the continent from the Atlantic Ocean. This, in turn, opens the door to cold, northeasterly winds from Russia and the Arctic.

*****Een straalstroom is een zeer sterke wind die in de regel op 9 à 10 kilometer hoogte waait. Weerkundigen spreken van een straalstroom als de wind op die hoogte een snelheid heeft van meer dan 100 kilometer per uur (windkracht 11 of meer). Regelmatig worden hogere windsnelheden bereikt van meer dan 350 kilometer per uur.

De straalstroom is gemiddeld enkele duizenden kilometers lang, enkele honderden kilometers breed en slechts een paar kilometer hoog. Het is dus een zeer langgerekte maar smalle band met hoge windsnelheden, die door de atmosfeer kronkelt als een rivier in het landschap. De stroming is van west naar oost. Dat is dezelfde richting als de draaiing van de aarde, zodat de lucht in de straalstroom sneller beweegt dan de aarde. Door de vele kronkels kan de luchtstroming plaatselijk ook naar zuid of noord gericht zijn.

De straalstroom is een geofysisch effect dat ontstaat door het grote temperatuurverschil tussen de noordpool of zuidpool en de evenaar. Iets dergelijks gebeurt ook op kleine schaal. Als in de zomer de nacht valt en de grond afkoelt waar de zon weg is, waait er lucht van noord naar zuid over de grens tussen warme en koude lucht. Dit is de verfrissende avondwind.

Niet alleen in onze omgeving komt een straalstroom voor, maar ook bij de evenaar of in het poolgebied. Verspreid over de wereld komen er meestal verscheidene straalstromen op hetzelfde moment voor, de polaire of arctische straalstroom en de subtropische straalstroom.

Regional and seasonal effect
NO global effect

Lage zonnevlekkenindex leidt tot koudere winters voor Noord-Europa

It is a pattern seen in weather records from as far back as 1650–1700, an era known as the Maunder minimum, when the Sun was virtually sunspot-free and 'frost fairs' were held on the River Thames in London. “Early instrumental records show that those cold winters were accompanied by cold winds from the east,” says Lockwood. Similar wind patterns can be deduced from looking at records of wine harvests in Europe, he adds.

Not that these correlations are perfect. “The winter of 1684 was the coldest in the whole record,” says Lockwood. “But the very next year, when solar activity was still low, was the third warmest.”

no evidence of another (global) ice age coming

