Güneş Aktivitesi ile Dünya Sıcaklığı Arasındaki İlişki

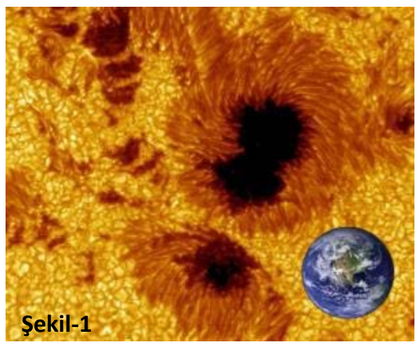
Fatma Selda Kuşcu
İ.Ü. Fen Fak. Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü
fatmaselda.kuscu@ogr.iu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada Güneş aktivitesi ile Dünya sıcaklığı arasındaki ilişki hakkında geçmişten günümüze yapılan çalışmaların bir değerlendirmesi yapıldı. 1980 li yılların öncesine kadar Güneş aktivitesinin Dünya sıcaklığına etkisinin daha fazla olduğu gibi bir izlenim olmasına rağmen günümüzde, insan faktörü en önemli etken olarak karşımıza çıkmaktadır.

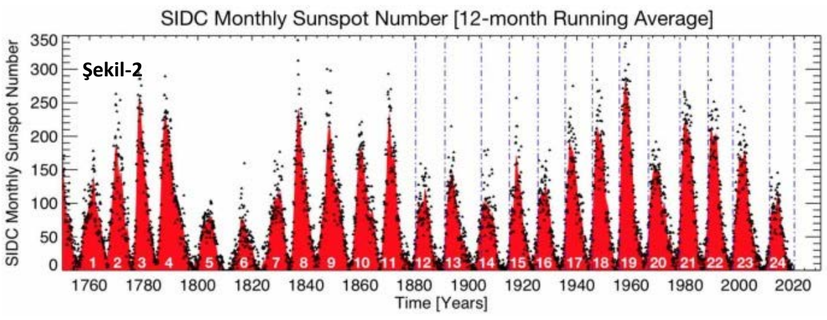
Güneş Lekeleri, Güneş Çevrimleri, Parlamalar ve Koronal Kütle Atımları

Güneş lekeleri Güneş yüzeyi üzerinde yoğunlaşan manyetik alanlardır. Güneş lekeleri, eski Çin kayıtlarında olsa bile tıp öğrencisi Johannes Fabricius tarafından 9 Mart 1611 tarihinde tarafından gözlenen ve bu gözlemlerden bilimsel anlamda bir inceleme yayınlayan ilk kişi olmuştur (https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/400yrs-spots.html). Siyah bölgeler olarak görülen bu lekeler geçici olaylardır. Orta büyüklükte bir Güneş lekesi aşağı yukarı dünya kadar büyüktür. Lekeler, şiddetli manyetik alanlar Güneş yüzeyinde belirdiğinde ortaya çıkarlar. Bulundukları alanın sıcaklığını 6000°C den 4200°C ye kadar düşürürler, bu nedenle lekenin bulunduğu alan çevresine göre daha koyu bir bölge olarak görülür. Güneş lekesinin merkezindeki siyah alan umbra olarak isimlendirilir, bu kısımda manyetik alan şiddeti en yüksek değerindedir. Umbranın çevresindeki daha açık görülen gri bölge penumbra olarak adlandırılır (**Şekil-1** de bir güneş lekesinin büyüklüğü Dünya ile karşılaştırılmalı olarak verilmektedir, https://www.windows2universe.org/sun/atmosphere/sunspot_size.html&edu=elem). Dünyadan gözlendiğinde lekelerin Güneş yüzeyi ile birlikte bir tam dolanımları ortalama 27 gün sürmektedir. Güneş ekvatoru civarında görülen lekeler kutuplar civarında görülenlerden daha hızlı dolanım hızına sahiptirler.


Şekil-1

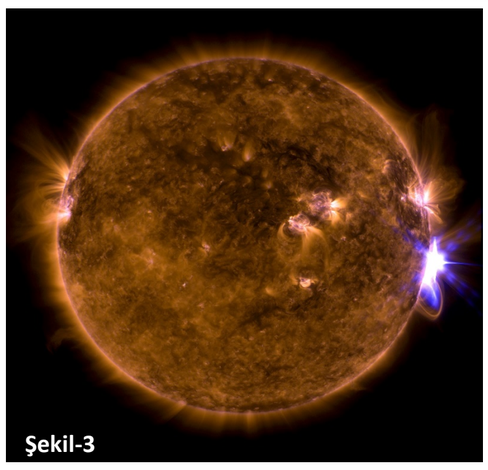
Güneş'in "yüzeyinde" gözlenen güneş lekelerinin sayısı yıldan yıla değişmektedir. Güneş lekesi sayılarındaki bu artış ve düşüş çevrimsel olarak değişir; çevrimin uzunluğu ortalama on bir yıl civarındadır. 1843'te amatör Alman gökbilimci Samuel Heinrich Schwabe tarafından keşfedilen güneş lekesi sayımlarındaki döngüsel değişime "Güneş Leke Çevrimi" denir. 11 yıllık güneş lekesi çevrimi, aslında daha uzun, 22 yıllık bir güneş aktivitesi çevriminin yarısıdır. Güneş lekesi sayısı her yükselip alçaldığında, Güneş'in güneş lekeleriyle ilişkili manyetik alanı kutupları tersine çevirir; Güneş'in kuzey ve güney yarım kürelerindeki manyetik alanların yönü değişir. Böylece, manyetik alanlar açısından, güneş aktivite çevrimi ancak iki 11 yıllık güneş lekesi çevriminden sonra tamamlanır (https://scied.ucar.edu/learning-zone/sun-space-weather/sunspot-cycle). 300 yıl süresince Güneş lekelerinin sayısı ortalama 11 yıllık dönemler halinde düzenli olarak artmış ve azalmıştır. **Şekil-2** de 1749 yılından günümüze kadar olan leke çevrimleri görülmektedir (McIntosh ve ark. 2020).

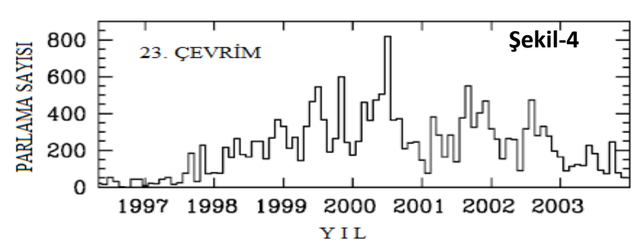
Güneş lekelerinin yanı sıra Güneşteki aktiviteyi çoğaltan diğer bir olay da güneş (flares) parlamalarıdır (**Şekil-3; https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/active-region-on-sun-continues-to-emit-solar-flares**). Bunlar, güneş lekelerinin yakınındaki manyetik alan çizgilerinin dolaşması, kesişmesi veya yeniden düzenlenmesinden kaynaklanan ani enerji patlamalarıdır. Etkinlikleri birkaç dakikadan birkaç saate kadar değişebilir. Güneş lekelerinin manyetik alan yapısı ne kadar karmaşıksa parlama (flare) üretme olasılıkları da o kadar yüksektir. **Şekil-4** de 23. güneş çevriminde parlamaların yıllara göre dağılımı görünüyor (https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2005A%26A...431..359J/abstract).



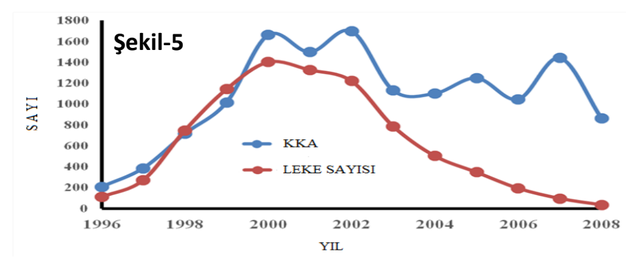
Şekil-2

Güneş patlamalarına bazen koronal kütle atımları da (kısaca CME veya KKA) eşlik eder. KKA'lar, Güneş'ten gelen devasa radyasyon kabarcıkları ve parçacıklar olup Güneş'in manyetik alan çizgileri aniden yeniden düzenlendiğinde çok yüksek bir hızla uzaya doğru patlarlar. (https://spaceplace.nasa.gov/solar-activity/en/). KKA'lar proton fırtınaları yaratabilir. Protonlar, bir atomun çekirdeğinden gelen pozitif yüklü parçacıklardır. KKA'yı yaratan patlama, Güneş'in etrafındaki protonları neredeyse ışık hızına kadar hızlandırır. Bir proton fırtınasından gelen yüklü parçacıklar atmosferle etkileşime girer ve aurora borealis veya kuzey ışıkları olarak bilinen atmosferde olağanüstü değişikliklere neden olur. KKA'lardan gelen ışık ve x-ışınları, yaklaşık sekiz dakika içinde Dünya atmosferine ulaşır. Dünya'nın atmosferi insanları proton fırtınalarından korur. Proton fırtınaları amatör radyo iletişimini engelleyebilir ve uydulara zarar vererek elektrik sistemlerinde kısa devrelere ve bilgisayarların kapanmasına neden olabilir (https://www.epa.gov/radtown/radiation-solar-activity). **Şekil-5 de** 23. Güneş aktivite çevriminde koronal kütle atımları ve leke sayılarının karşılaştırması görülmektedir. (https://www.researchgate.net/publication/331584689_A_statistical_analysis_of_sunspot_CME_parameters_for_the_solar_cycle_23)


Şekil-3



Şekil-4

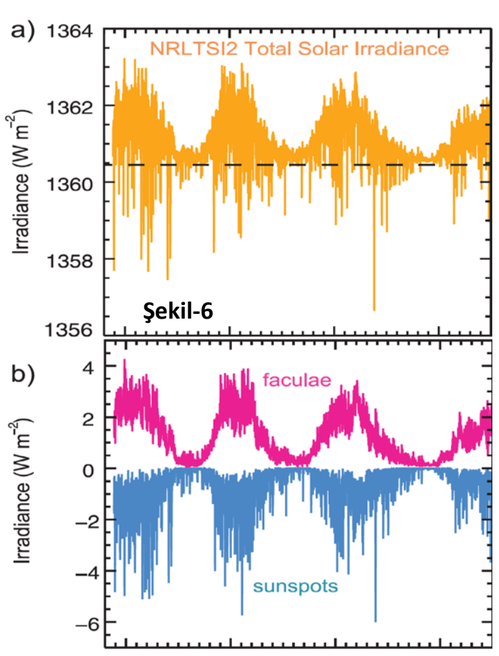


Şekil-5

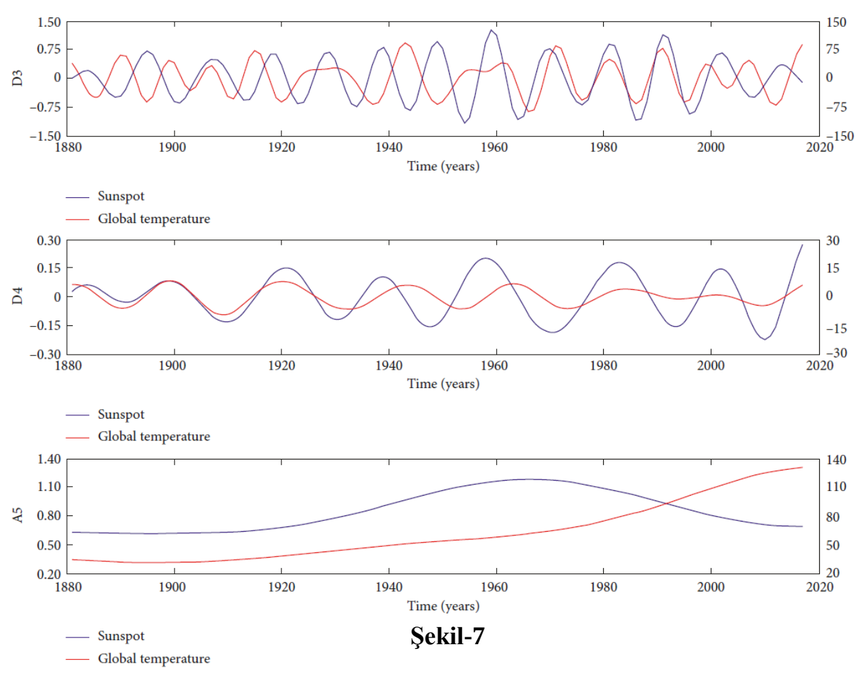
Güneş aktivitesini gösteren diğer bir indeks Toplam Güneş Işıması (TGI) dır. Arz atmosferine gelen tüm elektromanyetik radyasyonun integraline TGI denilmekte ve bu değer yaklaşık olarak 1365.4 ± 1.3 W/m^2 'dir (Frohlich, 2012). 1978'den önce bu indeksin sabit olduğu sanılmış ve bu nedenle "Güneş sabiti" denmiştir. Ancak 1978'den itibaren gözlemlerin uydular vasıtası ile atmosfer dışına taşınmasıyla TGI'nin sabit olmadığı anlaşılmıştır (Doğan, 2016 ve içindeki kaynaklar). **Şekil-6 (a)** ve **(b)** de 21, 22, 23 ve 24. Güneş aktivite çevrimlerinde TGI, fakülar alanların parlaklıkları ve güneş lekelerinin yıllara göre değişimleri görülmektedir (Coddington ve ark. 2016).

İklim Değişikliği Güneş Aktivitesi İlişkileri

Li ve arkadaşları (2018) çalışmalarında 1749 – 2016 yılları arası aylık güneş leke sayılarına (http://www.sidc.be/sunspot-data) ve aylık küresel sıcaklık verilerine (http://data.giss.nasa.gov/gistemp) wavelet analizi uygulanarak **Şekil-7** deki grafikler elde edilmiştir. Buna göre en üst panelde 11 yıllık leke çevrimi üzerinden, orta panelde 22 yıllık manyetik çevrim ve en alt panelde de 112 yıllık çevrimler üzerinden ortalama leke sayıları ve ortalama sıcaklıkların anomalileri karşılaştırılmıştır. Şekilde 22 yıllık manyetik alan güneş çevrimi, küresel iklim değişikliğinde 11 yıllık güneş lekesi çevriminden daha büyük bir rol oynamaktadır.

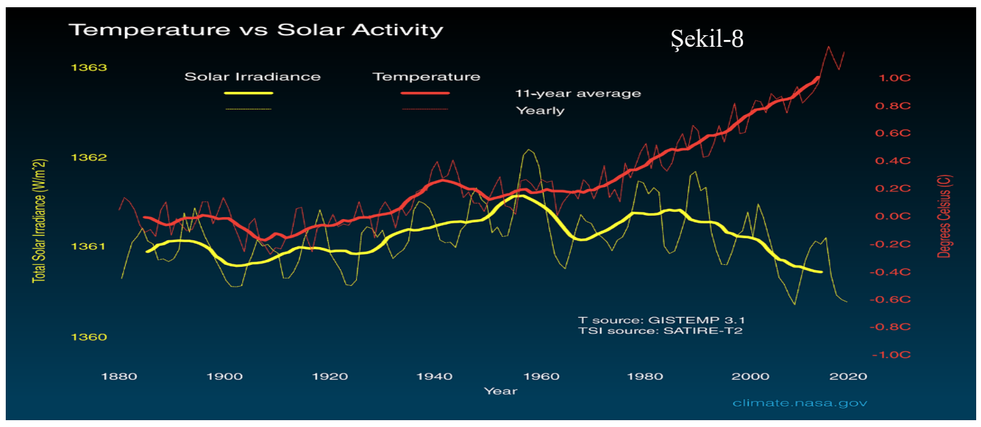


Şekil-6

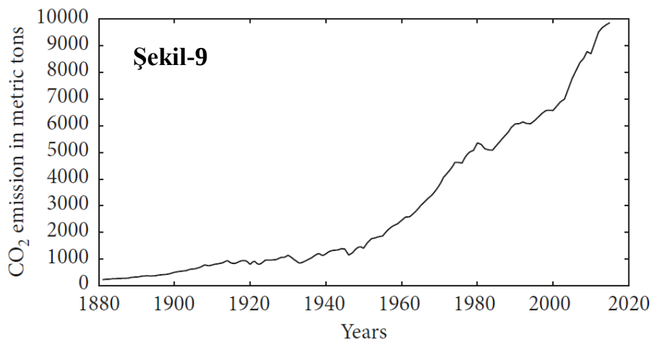


Şekil-7

Hem bu şeklin en alt panelinden ve hem de **Şekil-8** (http://climate.nasa.gov/causes) den, güneş aktivitesinin 1980'li yıllardan sonra küresel sıcaklıkların yükselme eğilimini açıklayamadığı ortaya çıkmaktadır. Bunun yerine Granger nedensellik testinin sonucu, küresel ısınmanın esas olarak CO_2 emisyonlarından kaynaklandığını gösteriyor (**Şekil-9**, Li ve arkadaşları (2018)).



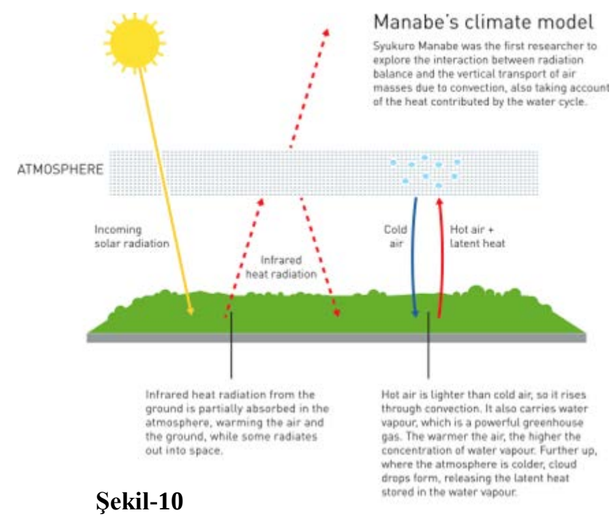
Şekil-8



Şekil-9

2021 Nobel Fizik Ödülünün yarısı, Dünya ikliminin fiziksel modellemesi, değişkenliğin ölçülmesi ve atmosferdeki karbondioksit artışına bağlı küresel ısınmanın tahmin edilmesi konusundaki öncü çalışmaları nedeniyle Japon Syukuro Manabe ve Alman Klaus Hasselmann'a ortaklaşa verildi.

Manabe ve Wetherald (1967)'in çalışması günümüz modellerinin temelini oluşturan iklim modellerinin geliştirilmesine öncülük etti. Ayrıca artan atmosferik karbondioksit ile Dünya yüzeyindeki artan sıcaklıklar arasındaki ilişkiyi de gösterdi. Manabe'nin modelleri, radyasyon ve hava kütlelerinin konveksiyon nedeniyle dikey taşınması arasındaki ilişkiyi keşfeden ve aynı zamanda su döngüsünün sağladığı ısıyı da içeren ilk modellerdir (**Şekil-10**). Manabe bu modelleri kullanarak; küresel ısınmanın Güneş radyasyonundaki değişikliklerden değil, Dünya'nın sıcaklığındaki bir artıştan karbondioksitin sorumlu olduğunu gösterdi (bakınız **Şekil-9**). Hasselmann (1977)'ın iklim modeline stokastikliği (öngörülememe, kesin olmama) , dâhil etme yaklaşımı, iklim bilimcilerinin değişkenliği ele alması için bir ölçüt oluşturdu. Okyanusların atmosfer, hava-deniz arayüzü ve karbon döngüsü gibi diğer karmaşık alt sistemlerle etkileşimini hesaba katarak iklim sisteminin dinamiklerini modellemenin yolunu açtı.



Şekil-10

Sonuç

Bu çalışmada Güneş aktivitesi ile Dünya sıcaklığı arasındaki ilişki değerlendirildi. Yapılan çok sayıda çalışmaya göre Güneş'in geçmişte Dünya'nın sıcaklığını (iklimini) etkilediği öne sürülse bile günümüzde özellikle 1980'den sonra Dünya sıcaklığının önemli artışına karbonun neden olduğu, yani sera etkisine bağlı olduğu biliniyor. 2011-2020 arası 10 yıl tarih boyunca kaydedilen en sıcak dönemdir. Bu zaman aralığında küresel ortalama sıcaklık 2019'da sanayi öncesi seviyelerin 1,1°C üzerine çıktı. İnsan kaynaklı küresel ısınma şu anda on yılda 0,2°C oranında artıyor (https://ec.europa.eu/clima/climate-change/causes-climate-change_en). Sanayi öncesi zamanlardaki sıcaklığa kıyasla 2°C'lik bir artış, doğal çevre ve insan sağlığı ve refahı üzerinde ciddi olumsuz etkileyecek ve çevremizde tehlikeli ve muhtemelen yıkıcı değişiklikleri içeren çok daha yüksek bir risk meydana getirecektir. Bu nedenle 1988 yılında kurulan IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) de uluslararası toplum, ısınmayı 2°C'nin çok altında tutmanın ve sıcaklığın artışının kırmızı çizgisi olan 1.5°C ile sınırlandırma çabalarının gerekliliğini kabul etmiştir (https://news.un.org/en/story/2021/08/1097362).

Kaynaklar

Coddington O., J. L. Lean, P. Pilewskie, M. Snow, and D. Lindholm, American Meteorolgical Society, 1265, (http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00265.1)
Doğan, Ö., 2016, "İstanbul İçin Toplam Güneş Işıması – Sıcaklık İlişkisinin Araştırılması", Doktora tezi, İÜ. Fen Bilimleri.
Li Z., Yue J., Xiang Y., Chen J., Bian Y. and Chen H., 2018, Advances in Meteorology Volume 2018, Article ID 2078057, (https://doi.org/10.1155/2018/2078057)
Hasselmann, K., 1976. Stochastic climate models Part I. Theory. Tellus 28, 473–485. https://doi.org/10.1111/j.2153-3490.1976.tb00696.x
McIntosh, S.W., Chapman S., Leamon R. J., Egeland R., Watkins N. W., 2020, Solar. Phys. 295, 163. (https://doi.org/10.1007/s11207-020-01723-y)
Manabe, S., Wetherald, R.T., 1967. Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity. J. Atmospheric Sci. 24, 241–259. https://doi.org/10.1175/1520-0469(1967)024<0241:TEOTAW>2.0.CO;2