

# MANYETİK AKTİVİTE NEDENİYLE GÜNEŞ IŞINIMINDAKİ DEĞİŞİMİN YER İKLİMİNE ETKİSİ

Mürüvvet CİN<sup>1</sup>, Begüm YILMAZ<sup>1</sup>, Yağmur KARAN<sup>1</sup>, Nurcan AKTÜRK<sup>1</sup>,  
Cihan ADAYAN<sup>1</sup>, Hasan Ali DAL<sup>1</sup>

## Özet

Aktivite nedeniyle Güneş'in toplam ışınlamındaki değişimin, yeryüzünde çevrimsel sıcaklık değişimlerine neden olup olamayacağı belirlemek amacıyla, 1870–2004 yılları arasında, yeryüzünde 34 farklı bölgede düzenli olarak her ay yapılan yüzey sıcaklık ölçümleri ile 1867–2004 yılları arasındaki Güneş leke sayısının değişimi karşılaştırıldı. Karşılaştırma sonucunda, Güneş leke çevrimiyle, yeryüzü sıcaklık artışı arasında belli çevrimlerde uyum, belli çevrimlerde ise uyumsuzluk görüldü. Güneş'in yeryüzüne olan etkisinin belirlenebilmesi için öncelikle, küresel sıcaklıkta değişime neden olan diğer etkilerin tam olarak belirlenebilmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş aktivitesi, Güneş lekeleri, Yeryüzü sıcaklığı.

## Abstract

Temperature measurements of the land surface between 1870 and 2004 for 34 regions are matched to variation of Solar spot cycle between same years to find out whether Solar irradiance variation due to magnetic activity is able to affect the land surface temperature. It is seen that they sometime show same variation but sometime do not. To understand whether Solar irradiance variation can affect the land surface temperature, first off all, other effects changing the land surface temperature are correctly found out.

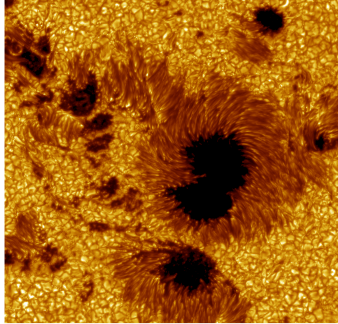
**Key Words:** Solar activity, Sun spot, Land surface temperature.

## 1. Giriş

4.57 milyar yıldır etrafında dolandığımız, Yer'e ısı ve ışığıyla hayat kazandıran Güneş, canlı bir yapıya sahiptir. Ortalama  $3.846 \times 10^{26} W$  'lık ışınlamıyla Yer'e  $6.9566 \times 10^8 m$  uzaklıkta bulunmaktadır [1]. 1750'lerden bu yana sürekli gözlenen Güneş, şiddetli manyetik aktivite göstermektedir. Güneş'te manyetik aktivitenin en belirgin belirteci, Şekil 1.1'de örnekleri görülen fotosferik lekelerdir. Lekeler, çok uzun yıllardır bilinen yapılardır. Astronomi alanında çalışan Çinli bilimcilerin Güneş lekeleri kayıtları 2000 yıl öncelere kadar gitmektedir. Lekelerin gerçekten Güneş'e ait yapılar olduğunun kesinleşmesi ise 1600'lü yıllarda Galilei tarafından yapılan gözlemlere dayanır [2]. Güneş lekeleri, yıldızın iç katmanlarında ortaya çıkan dinamo sürecinin bir sonucudur. Lekeler, diferansiyel dönmeye sahip yıldızın konvektif katmanındaki plazmanın manyetik alan bileşenleriyle etkileşip yüzeye çıktığı bölgelerdir. Bu bölgeler, fotosfere göre daha soğuktur. Lekeler, “umbra” adı verilen karanlık bir alan ve bu alanı saran, “penumbra” denilen yarı karanlık alanlardan

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100 Bornova-İzmir, Tel. 0232 388 40 00 / 2232, ali.dal@ege.edu.tr

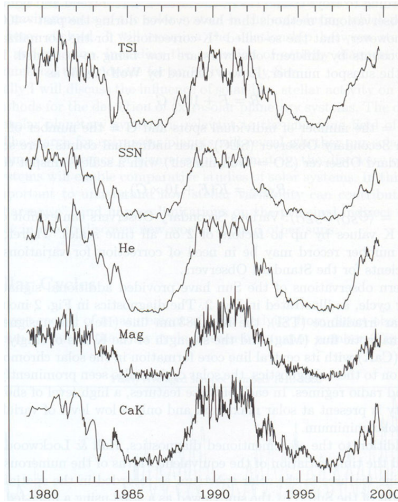
oluşurlar. Gnevyshe-Waldmeier kuralı uyarınca bir lekenin yaşam süresi, saatler mertebesinde aylar mertebesine kadar uzayabilir. Gnevyshe-Waldmeier kuralı  $A_0 = W \times T$  şeklindedir. Burada  $A_0$ , lekenin ulaştığı en büyük alanı;  $T$ , yaşam süresini gösterir.  $W$  ise  $10MSHgün^{-1}$  ( $MSH$ , Micro Solar Hemisphere) şeklinde Güneş'e ait bir sabittir [2].



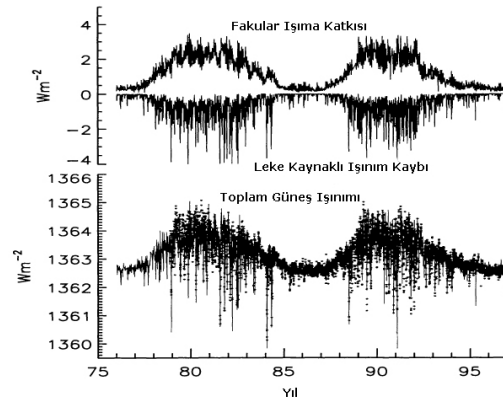
**Şekil 1.1:** Güneş lekeleri “umbra” ve “penumbra” adı verilen iki kısımdan oluşurlar [5].

Son yıllardaki çalışmalar  $180^\circ$  aralıklı iki boylamda oluşma eğiliminde olduklarını gösterse de lekeler, hemen hemen tüm boylamlarda gözlenmektedir [3].

Güneş üzerinde leke oluşumu ortalama 11 yıllık çevrimsel bir davranış sergilemektedir. Güneş fotosferinde lekelerin oluştuğu aktif bölgeler ilk olarak  $\pm 40^\circ$  enlemlerinde ortaya çıkarlar ve yaklaşık 11 yıllık süreç sonunda eşlek bölgesine doğru kayarlar. Fotosferde aktif bölgeler yaklaşık  $\pm 20^\circ$  'lere geldiğinde lekeler maksimum sayıya ulaşırlar [4]. Güneş'te leke sayısının artışına paralel olarak, toplam manyetik akı da  $20 \times 10^{22} Mx$  'den  $100 \times 10^{22} Mx$  'lere kadar artmaktadır [6]. Şekil 1.2 ve 1.5'den de görüleceği gibi, manyetik akıdaki benzer artış Güneş'in toplam ısıtmasında da ortaya çıkmaktadır [8]. Güneş'in toplam ısıtmasında yaklaşık  $1 W m^{-2}$  lik artış görülmektedir [9].



**Şekil 1.2:** Güneş'in manyetik aktivitesi boyunca, yıllara göre çeşitli parametrelerdeki değişim.



**Şekil 1.3:** Güneş leke çevrimi boyunca, lekeler ısıtım kaybı yaratırken, lekeleri çevreleyen fakular yapılar ısıtım katkısı sağlar ve çevrim sırasında leke sayısı arttıkça Güneş'in toplam ısıtımını artırır [10].

Şekilde, TSI, toplam Güneş ısıtmasını; SSN, leke sayısını; He, Mag ve Ca K ise ilgili çizgilerin yeğlilik değişimini göstermektedir [8]. Normalde leke çevrimi boyunca Güneş'in toplam ısıtımının, leke sayısı arttıkça azalması beklenir. Sonuçta lekeler soğuk ve karanlık yapılardır.

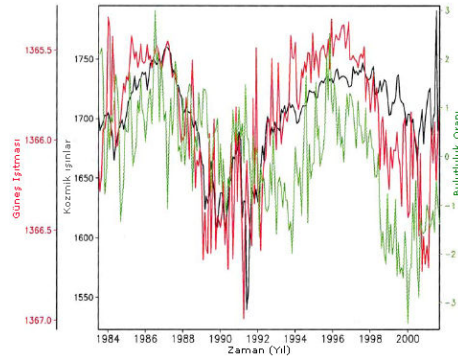
Ancak son birkaç 10 yıllık gözlemler bunun tersinin geçerli olduğunu ortaya koymaktadır [10]. ACRIM I ve II, UARS ile Nimbus 7 ve 5 uydularının verilerini birleştiren Lean ve Fröhlich (1998), Şekil 1.3'de görülen leke kaynaklı ısıtım kaybını, lekeleri çevreleyen fakular yapılardan gelen ısıtım katkısı ile karşılaştırdıklarında leke sayısı arttığında Güneş toplam ısıtımında bir artma olduğunu göstermişlerdir.

Güneş manyetik aktivitesinin sonucunda ısıtımındaki bu artışın Yer iklimine etkisinin olup olmadığı, eğer varsa ne ölçüde olduğu, literatürde büyük tartışma konusudur. Bu konuda

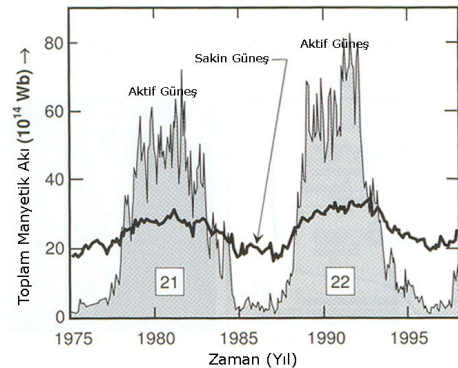
yapılan tartışmalar, yeryüzünde çeşitli yükseklik ve bölgelerde ölçülen yüzey sıcaklığı, bulutluluk oranı gibi iklimsel parametreler ile Güneş leke sayısı, leke çevrimi uzunlukları, Güneş'in toplam ışıınım değişimi, Güneş rüzgârı ve yakın uzay kaynaklı kozmik ışın değişimi gibi çeşitli parametrelerin karşılaştırmalarından çıkan sonuçlardan kaynaklanır.

Güneş leke aktivitesinin, Yer iklimine etkisini belirlemeye çalışan Beer (2005), buzullardaki son 10000 yıla ait katmanlardaki  $^{10}\text{Be}$  yoğunluğundan elde edilen aktivite çevrimi ile son birkaç 10 yıla dayanan uydu gözlemleriyle elde edilen Güneş'in toplam ışıınım değişimi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Elde edilen sonuçlar, bu iki parametrenin birbiriyle uyumlu olduğunu gösteriyor [11]. Krivova ve Solanki (2003), Güneş'in toplam ve tayfsal ışıınımlarından yararlanarak, 1700 ile 1980 yılları arasındaki toplam Güneş ışıınım değişimini belirlemeye çalışmışlardır. Bu tarihler arasında Güneş'in toplam ışıınımında  $\approx 2 - 4 \text{ Wm}^{-2}$  'lık artış olduğunu, buna karşılık olarak yeryüzü ortalama sıcaklığının da arttığını göstermişlerdir [13].

Bu ve benzeri sayısız çalışmanın bulunduğu literatürde, bir diğer ilginç çalışma konusu ise, kozmik ışıınımlarla yeryüzü bulutluluk oranları arasındaki ilişkiye yöneliktir. Kristjansson ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada, Güneş ışıınımındaki artışa paralel olarak Yer'e ulaşan kozmik ışın miktarında da artış olduğu gösterilmektedir [12]. Bu iki



**Şekil 1.4:** Güneş ışıınımı, kozmik ışıınlar ve yeryüzü bulutluluk oranlarının değişimi. Kırmızı renkteki eğri, Güneş ışıınımını; siyah renkteki eğri, kozmik ışıınımları; yeşil renkte görünen eğri ise yeryüzündeki bulutluluk oranlarını göstermektedir [12].



**Şekil 1.5:** Güneş'in 21. ve 22. leke çevrimlerinde, aktif ve sakin Güneş durumunda toplam manyetik akı değişmektedir [14].

parametre arasındaki ilişki, Güneş'in manyetik aktivitesine dayanmaktadır. Şekil 1.5'deki 21 ve 22. Güneş çevrimlerinden de görüldüğü üzere, Güneş aktivitesi arttığında Güneş'in manyetik alan şiddeti de artmaktadır [14]. Güneş'teki manyetik alan artışı hem kapalı hem de açık alan çizgilerinde ortaya çıkmaktadır. Açık alan çizgileri gezegenler arası ortama kadar yayılıp tüm bu alandaki yüklü parçacıkları kontrol eder. Güneş aktivitesinde artış olduğunda güneş rüzgârı da artmakta ve gezegenlerarası ortam yüklü parçacıklar açısından zenginleşmektedir. Bu, Yer'e ulaşan parçacık sayısının artışı anlamına gelmektedir. Kristjansson ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışma, Güneş aktivitesinin hem ışıımsal olarak hem de yüklü parçacıklar yoluyla Yer iklimine etki ettiğini göstermektedir. Bu çalışmada, Güneş'in toplam ışıınım değişimi, Yer'e ulaşan kozmik ışın değişimi ve yeryüzündeki bulutluluk oranları ile karşılaştırıldığında, Şekil 1.4'de görülen sonuç ortaya çıkmaktadır.

## 2. Veri

Bu çalışma, Güneş leke sayısında gözlenen 11 yıllık çevrimsel değişimin, yeryüzündeki sıcaklığı etkileyip etkilemediğinin incelenmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda SOHO Veri Tabanı'ndan [7] 1867 ile 2004 yılları arasındaki aylık leke sayıları ile [15]'den alınan yeryüzü sıcaklık değişimine ilişkin veri arasındaki ilişkiye bakılmıştır. Sıcaklık değişimi verisi, 38 farklı veri setinden oluşmaktadır. Bu 38 veri seti; Kuzey Yarıküre, Güney Yarıküre, Kuzey-Güney Yarıküreler arasındaki sıcaklık farkı, küresel ve 34 farklı bölgeden alınan düzenli sıcaklık ölçümlerini içermektedir. Yeryüzü sıcaklıklarının ne ölçüde ve şekilde sanayi

kaynaklı ısınmadan etkilendiğinin belirlenmesi açısından, Kaliforniya Üniversitesi – Karbondioksit Araştırma Grubu’nun veri tabanından [16] 1958 ve 2004 yılları arasına ait karbondioksit derişimi verisi alınmıştır.

**Çizelge 2.1:** Bu çalışmada kullanılan veri setlerinin listesi ve ilişkili oldukları bölgeler.

| Bölge No | Bölge Adı (Yaklaşık enlem vbe boylam aralıkları)                   |
|----------|--------------------------------------------------------------------|
| 1        | ARTİK (75N)                                                        |
| 2        | KUZEY AMERİKA (50-65N)                                             |
| 3        | AVRUPA (45-65N, 25W-60E)                                           |
| 4        | ORTA ASYA (30-60N, 60-110E)                                        |
| 5        | KUZEY AMERİKA (30-50N, 50-130W)                                    |
| 6        | AKDENİZ BÖLGESİ (40-30N, 20W-60E)                                  |
| 7        | ORTA AMERİKA (10-30N, 50-115W)                                     |
| 8        | AFRİKA (0-30N, 20W-60E)                                            |
| 9        | GÜNEY ASYA (40-130E, South of 25N)                                 |
| 10       | GÜNEY AMERİKA (60S-10N, 80W-35W)                                   |
| 11       | AFRİKA EKVATOR BÖLGESİ (10-50E, 0-40S)                             |
| 12       | GÜNEY ASYA ADALARI (100E-180E, 0-50S)                              |
| 13       | ANTARTİK (65-90S)                                                  |
| 14       | <b>KUZEY YARIKÜRE ORTALAMA</b>                                     |
| 15       | <b>GÜNEY YARIKÜRE ORTALAMA</b>                                     |
| 16       | KUZEY TROPİK                                                       |
| 17       | GÜNEY TROPİK                                                       |
| 18       | TROPİK BÖLGELER (20N-20S)                                          |
| 19       | <b>TÜM YERKÜRE KÜRESEL ORTALAMA</b>                                |
| 20       | <b>GÜNEY ve KUZEY YARIKÜRE FARKI</b>                               |
| 21       | KUZEY YARIKÜRE (30N)                                               |
| 22       | 50-55N,0-5W                                                        |
| 23       | 50-60N,0-5W                                                        |
| 24       | ÇİN (TÜM BÖLGE) (40-55N 120-130E; 30-45N 80-120E; 20-30N 100-120E) |
| 25       | ÇİN (40-55N 120-130E; 20-45N 100-120E)                             |
| 26       | ÇİN (40-55N 120-130E; 20-45N 110-120E)                             |
| 27       | ÇİN (40-45N 120-130E; 20-45N 110-120E)                             |
| 28       | 50-70N,30-70W                                                      |
| 29       | ANTARTİK YARIMADASI (65-55W 60-70S)                                |
| 30       | ANTARTİK YARIMADASI                                                |
| 31       | GÜNEY YARIKÜRE (30S)                                               |
| 32       | TROPİK (30N-30S)                                                   |
| 33       | KUZEY YARIKÜRE (20N)                                               |
| 34       | GÜNEY YARIKÜRE (20S)                                               |
| 35       | KUZEY AYRIKÜRE (50-70N)                                            |
| 36       | KUZEY AMERİKA (25-70N)                                             |
| 37       | GREENLAND ORTA BÖLGELERİ (65-80N 60-25W)                           |
| 38       | ALASKA (25-50N 70-125W)                                            |

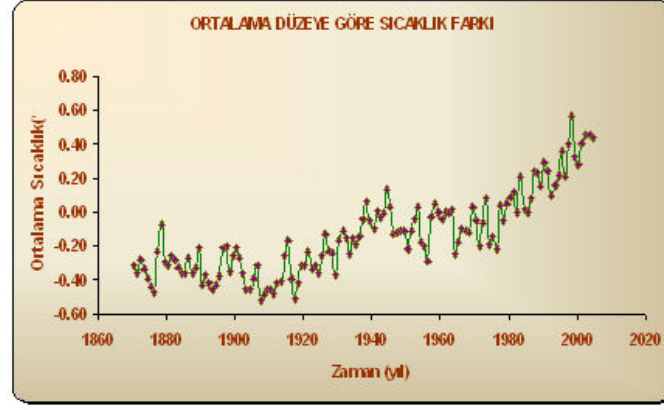
### 3. Karşılaştırma ve Tartışma

1870–2004 yılları arasında her ay alınan sıcaklık ölçümlerinden yola çıkarak hesaplanan ortalama sıcaklık ile yeryüzü ortalama sıcaklığı arasındaki fark Şekil 3.1’de gibi değişim göstermektedir.

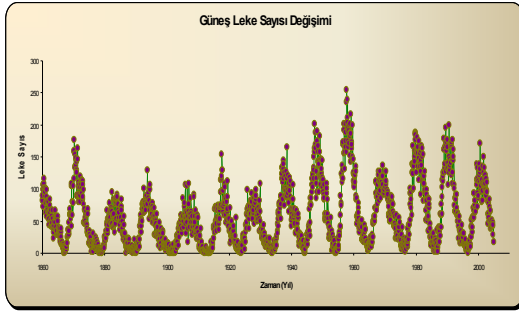
Şekil 3.1 dikkatli incelenirse, ortalama sıcaklık değişiminin belli bir eğilim izlemediği, birçok etkenden dolayı sıcaklığın belirli yıllar arasında doğrusal olarak artıp azaldığı görülmektedir.

Şekil 3.2’den de görüldüğü gibi Güneş leke sayıları ortalama 11 yıllık bir çevrim izlemektedir. Güneş’in her bir leke çevrimine bakıldığında, hemen hemen her bir çevrimde

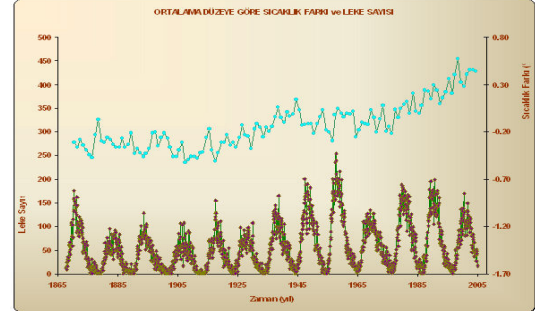
leke sayısı hızla artmakta ve yavaşça azalmaktadır. Leke sayısı, her bir çevrimde çevrim ortasına gelmeden maksimum sayıya ulaşmaktadır. 1870-2004 yılları arasındaki sıcaklık farkı verileri ile Güneş leke sayısı çevrimleri karşılaştırılması Şekil 3.3’de verilmiştir. Görüldüğü gibi yaklaşık 1900-1950 ile 1965-2004 yılları arasında leke aktivitesinde artış görülürken, buna paralel olarak yeryüzündeki küresel ortalama sıcaklık farkı da artmaktadır.



**Şekil 3.1:** Yeryüzünde 34 farklı bölgede elde edilen sıcaklık ölçümlerinin, ortalama küresel sıcaklıktan farklarının değişimi.



**Şekil 3.2:** Güneş leke çevrimleri boyunca fotosferik leke sayısının değişimi [7].

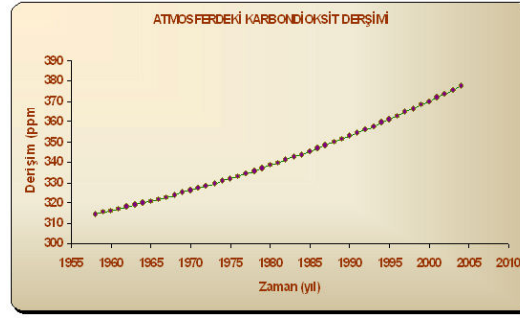


**Şekil 3.3:** Şekil 3.1’deki sıcaklık farklarındaki değişiminin Şekil 3.2’deki leke sayısı değişimi ile karşılaştırılması.

Ancak 1950’lerden itibaren, küresel ısınmada doğrusala yakın bir artış vardır ve leke aktivitesinde görülen artış bu yükselişi açıklamaya yetmemektedir. Bunun nedeni ise sanayi etkisi sonucu artan küresel ısınmadır. Bu etki Şekil 3.4’deki 1958 tarihinden itibaren olan karbondioksit derişimi verilerinden de görülmektedir.

Sıcaklık artışı verisinin tamamı incelendiğinde, artışın sürekli olmadığı, belirli dönemlerde artış, belirli dönemlerde de azalma görülmektedir. Bu durum, küresel ısınmayı birçok dinamiğin etkilediğini gösterir. Ancak bu etkilerin homojen olmaması nedeniyle Şekil 3.1’de görülen küresel ortalama sıcaklık farkı verisi; 1870–1913, 1914–1945, 1946–1968, 1969–2004 yılları aralıklarında 4 bölüme ayrılmıştır. Diğer tüm bölgesel ölçümler de, küresel ortalamalardaki bu aralıklara göre bölünüp incelendi.





**Şekil 3.4:** Kaliforniya Üniversitesi - Karbondioksit Araştırma Grubu'nun verilerine göre 1958–2005 yılları aralığında atmosferdeki karbondioksit derişimi değişimi [16].

11 yıllık Güneş manyetik aktivite çevriminin, küresel ısınmaya etkisinin belirlenebilmesi ve uzun zaman ölçekli etkilerin ortadan kaldırılması amacıyla, her veri setindeki bölümler doğrularla temsil edildi ve bu doğrular yardımıyla uzun zaman aralıklarındaki değişimler arındırıldı. Her veri setindeki bölümlerin temsillerine örnek olarak, küresel ortalama veri setindeki bölümler Şekil 3.5 (a, c, e, g)'de gösterilmiştir.

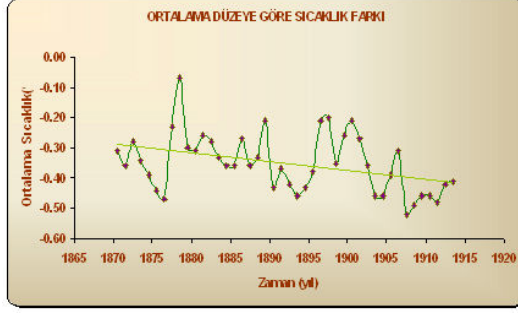
Doğrusal temsillerden elde edilen kuramsal eğrilerin denklemleri, şekil altı yazısında bulunmaktadır. Bu denklemlerde; “y” sıcaklık farkı; “x” ise zamandır.

#### 4. Sonuç

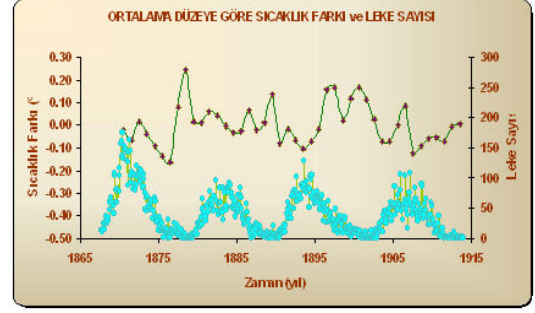
Şekil 3.3'deki arındırılmamış küresel sıcaklık farkları ile Güneş aktivite çevrimindeki leke sayısı değişimleri karşılaştırıldığında, uzun zaman ölçeklerinde bir uyum görülmektedir. Her bir çevrimdeki maksimum leke sayısı yükseldiğinde sıcaklıkta da bir artış görülmektedir. Ancak, Şekil 3.4'de görülen, 1958–2004 yılları arasında Yer atmosferindeki karbondioksit değişiminde de bir yükselme görülmektedir. Bunun nedeni sanayi ve tarım kaynaklı Kloro-Flora-Karbon gazlarındaki artıştır. Bilindiği gibi bu artış, ortalama küresel sıcaklığı yükseltmekte ve yapay bir küresel ısınmaya neden olmaktadır. Bu nedenle; 1950'lerden günümüze kadar olan doğrusal sıcaklık artışının nedeni olarak, Güneş aktivite çevrimlerindeki leke sayılarında kabaca görülen artışın gösterilmesi çok doğru olmayacaktır. Artan Güneş aktivite şiddetinin sonucu oluşan leke sayının, artacağı ve dolayısıyla da toplam Güneş ışınımının artacağı doğrudur ancak, yeryüzündeki karbon gazlarında da önemli artış söz konusudur.

11 yıllık leke çevrimiyle sıcaklık dalgalanmaları arasında ilişki arayan birçok çalışma vardır ve tüm bu çalışmalarda aşılması gereken en önemli engel, sanayi kaynaklı yapay ısınmanın katkısının arındırılmasıdır. Literatürdeki çalışmalarda bu etkinin arındırılmasında başta karbondioksit olmak üzere kloro-flora-karbon gazları temel alınmaktadır [17]. Ancak bu gazlara ilişkin ölçüm ve kuramsal modeller sonucunda elde edilen veri, sıcaklıkta sürekli bir artış göstermektedir. Bu modeller yardımıyla bir arındırılma yapıldığında sıcaklıklarda uzun zaman ölçekli bir dalgalanma kendini göstermektedir. Bu dalgalanma Güneş aktivitesinden kaynaklanabilir. Eğer böyle olsaydı, 1950'li yıllarda çevrim başına düşen leke sayısı çok yüksek olduğu için karbon ve diğer gazlar temel alınarak arındırılmış sıcaklıkta da bir artış olması beklenirdi. Ancak böyle bir artış söz konusu değildir. Bir diğer nokta ise arındırılmamış sıcaklık verisine bakılırsa (Şekil 3.1), sıcaklık artışında iki büyük kırılma noktasının olduğu görülür. Bu kırılma noktaları, I. ve II. Dünya Savaşları'na karşılık gelmektedir. Bu savaşların önemi, tüm yeryüzünde sanayisel kalkınmanın kısa süreliğine durma aşamasına gelip sonra tekrar hızla artmasıdır.

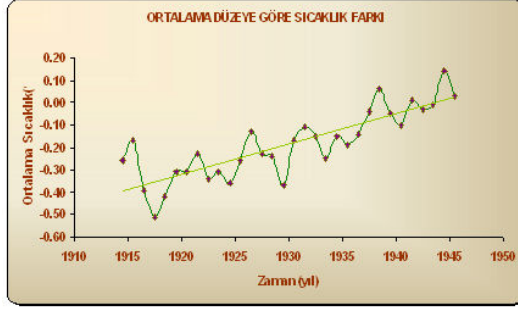
Dolayısıyla, sıcaklık ölçümlerinden yapay küresel ısınmanın arındırılması için sanayi etkisinin bir bütün olarak ele alınmaması çeşitli bölümlere ayrılarak ele alınması daha doğru olacaktır.



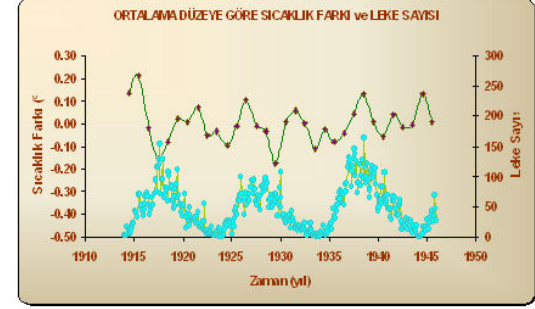
Şekil 3.5 (a) :  $y = -0.0029x - 0.2884$



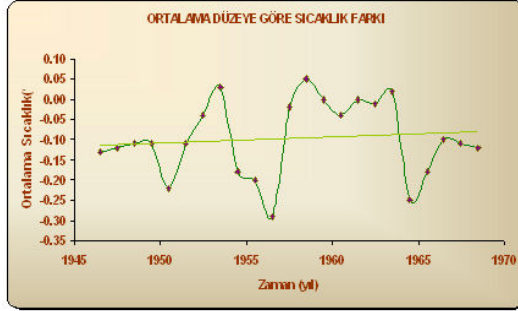
Şekil 3.5 (b) : Arındırılmış sıcaklık farklarının leke sayısı ile karşılaştırılması.



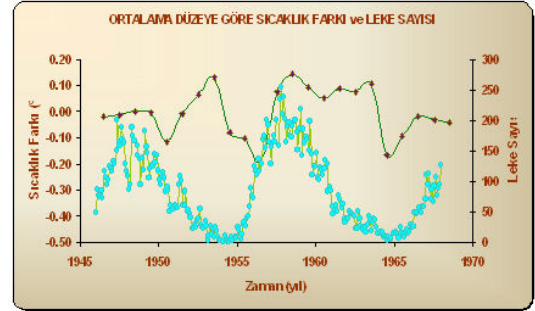
Şekil 3.5 (c) :  $y = 0.0136x - 1.0024$



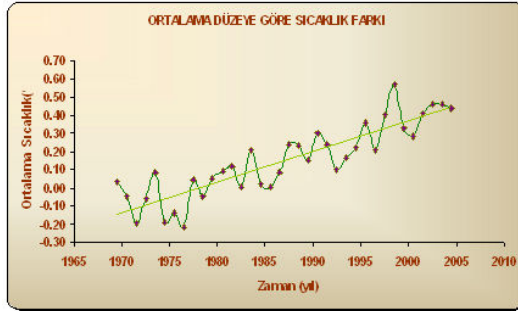
Şekil 3.5 (d) : Arındırılmış sıcaklık farklarının leke sayısı ile karşılaştırılması.



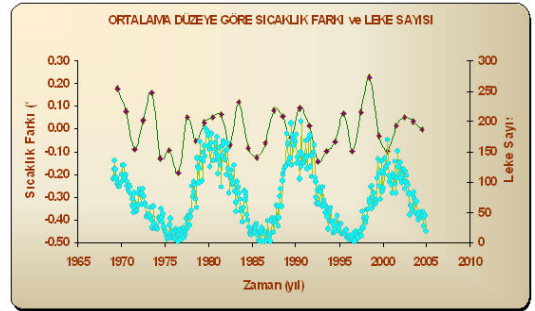
Şekil 3.5 (e) :  $y = 0.0015x - 0.2271$



Şekil 3.5 (f) : Arındırılmış sıcaklık farklarının leke sayısı ile karşılaştırılması.



Şekil 3.5 (g) :  $y = 0.0168x - 33.287$



Şekil 3.5 (h) : Arındırılmış sıcaklık farklarının leke sayısı ile karşılaştırılması.

Sıcaklık verisi bölümlere ayrılıp yapay ısınma arındırıldığında 11 yıllık leke çevriminin etkisinin, ortalama 11 yıllık süreçlerde sıcaklık artışı olarak yeryüzünü etkileyip etkilemediği incelendi. Şekil 3.5 (b, d, f, h)'den de görüleceği gibi 1870–2004 yılları arasında leke çevrimi ile sıcaklık arasında düzenli bir artış söz konusu değildir. 1878–1890 yılları arasına karşılık gelen leke çevrimi ile sıcaklık artışı eş yönlü olurken, bir sonraki çevrimlerde,

bu uyum bozulmakta ya da tamamen tersine dönmektedir. Benzer davranış küresel ortalamalarda görüldüğü gibi, 34 farklı gölgeye ait olan yerel ölçümlerde de kendini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, Güneş aktivitesi nedeniyle değişen toplam Güneş ışıınımı ve kozmik ışınlar yeryüzünde sıcaklıkları etkileyeceği doğrudur. Ancak bu etkinin boyutlarının ortaya konulabilmesi için öncelikle sanayi kaynaklı ısınmanın çok iyi belirlenip arındırılması şarttır.

### Kaynaklar

- [1] Haigh, J. D., Lockwood, M., Giampapa, M. S., 2004, *“The Sun, Solar Analogs and The Climate”*, New York, Springer Berlin Heidelberg, P.110.
- [2] Solanki, S. K., 2003, A&ARv. 11,153.)
- [3] Berdyugina, S. V. and Usoskin, I. G., 2003, A&A, 11, 153.
- [4] Schrijver, C. J., Zwaan, C., 2000, *“Solar and Stellar Magnetic Activity”*, Cambridge University Press, P.137.
- [5] www.solarphysics.kva.se
- [6] Schrijver, C. J., Zwaan, C., 2000, *“Solar and Stellar Magnetic Activity”*, Cambridge University Press, P.138.
- [7] <http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch.shtml>
- [8] Haigh, J. D., Lockwood, M., Giampapa, M. S., 2004, *“The Sun, Solar Analogs and The Climate”*, New York, Springer Berlin Heidelberg, P.310.
- [9] Haigh, J. D., Lockwood, M., Giampapa, M. S., 2004, *“The Sun, Solar Analogs and The Climate”*, New York, Springer Berlin Heidelberg, P.183.
- [10] Lean, J. and Fröhlich, C., 1998, ASPC, 140, 281L.
- [11] Beer, J., 2005, Mem.SAI, 76, 751.
- [12] Kristjansson, J. E., Kristiansen, J., Kaas, E., 2004, AdSpR, 34, 407K.
- [13] Krivova, N. A., and Solanki, S. K., 2003, Iscs.Symp., 275K.
- [14] Haigh, J. D., Lockwood, M., Giampapa, M. S., 2004, *“The Sun, Solar Analogs and The Climate”*, New York, Springer Berlin Heidelberg, P.311.
- [15] [http://www.met-office.gov.uk/research/hadleycentre/CR\\_data/Monthly/HadCRUG.txt](http://www.met-office.gov.uk/research/hadleycentre/CR_data/Monthly/HadCRUG.txt)
- [16] <http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/sio-mlo.htm>
- [17] Houghton, J., 2005, Rep. Prog. Phys., 68, 1343.