

23. Güneş Çevrimi Etkinliğine Genel Bakış

Tamer Ataç, Atıla Özgüç, Engin Sözen ve Hülya Yeşilyaprak

Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Çengelköy, 34685, İstanbul
atac@boun.edu.tr, ozguc@boun.edu.tr, sozenm@boun.edu.tr, yesilyap@boun.edu.tr

Özet: Güneş etkinliği güneş atmosferinin her katmanında saniye, dakika, gün ve ay mertebesinde süren kısa dönemli değişimlerin yanı sıra 11 veya 22 yıl süren uzun dönemli etkinlik çevrimleriyle tanımlanmaktadır. Çevrimlerin maksimum evresinde güneş etkinliği gezegenlerarası ortamda çok değişken koşulların oluşmasına yol açmaktadır. Yakın uzay çevremizde gelişen olayları, gezegenimizin uzay hava durumundaki (Space Weather) değişimleri güneş etkinliği ile karşılaştırmak için bu etkinliği tanımlayabilecek indekslere ihtiyacımız vardır. Dünya-Güneş etkileşiminde rol oynayan en önemli olaylardan birisi de güneş patlamalarıdır. Güneş patlamaları indeksinin hesaplanması 1986 yılından bu yana Kandilli rasathanesinde sürdürülmektedir. Güneş patlamaları indeksi güneşin kuzey ve güney yarıküreleri için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Bu çalışmada benzer etkinlik indekslerinin 23. çevrimdeki durumu önceki çevrimle karşılaştırılmış ve çevrimin özellikleri tartışılmıştır. Koronal kütle atımlarının, güneş lekeleri ve patlamalarının kuzey-güney asimetrisi çalışılmıştır. 23. çevrimin maksimum evresinde (1999-2002) her yarıküre ve bütün yüzey için gözlenen günlük değerlere uygulanan Fourier analizi bu evrede 64, 83 ve 125 günlük dönemlerin etkin olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Güneş: güneş etkinliği: güneş çevrimleri: güneş etkinliği indeksleri

Abstract. Solar activity covers a range of phenomena at all levels in the solar atmosphere and time - scales ranging from seconds and minutes, through months, to the 11 or 22-year solar activity cycle. Highly variable conditions in the geospace environment and those on the Sun persist throughout the maximum phase of solar activity. Expressing aspects of that activity in terms of single indices is useful in investigating its role as a driver for various space and terrestrial phenomena. Many studies in the solar-terrestrial field classified solar flares as one of the most important solar events affecting the Earth. To describe that aspect of activity for the Sun as a whole, the authors continue to compile the daily flare index for solar cycle 23 using the tables of solar flares from the National Geophysical Data Center (NGDC). A brief description and final results of the flare index of solar activity for cycle 23 up to 31 December 2002 are given. The patterns of similar activity indices that arise under different physical conditions during cycle 23 were compared with the flare index. The north-south asymmetry of CMEs, sunspot number, sunspot area and flare index were studied. The intermediate-term periodicities in the daily flare index data for the northern and southern hemisphere and for the full disk were calculated using the Fourier transform, and it was found that 64, 83, 125 days periodicities are in operation during the maximum phase of solar cycle 23.

Key words: Sun, solar activity: solar cycles: solar activity indices

1. Giriş

Güneş etkinliğindeki değişimler sırasında Güneş birkaç kHz'lik radyo frekansından en şiddetli gama ışınımına uzanan elektromanyetik ışınımın yanı sıra yüksek enerjili parçacık yayılımında da bulunmaktadır. Herhangi bir dönem için güneş etkinliğinden söz ettiğimizde o sırada Güneş plazmasına ait manyetik alanın tavrından ve özelliklerindeki değişimlerden bahsettiğimiz anlaşılmalıdır. Kutuplar doğrultusundaki büyük plazma akıntıları sonucu oluşan poloidal manyetik alan Güneş'in dönme hareketi sonucu toroidal manyetik alanı oluşturmak üzere ekvator boyunca

sarılmaya başlar. Bunun nedeni dönme hareketinin kutuplara doğru azalan bir açısal hızla olmasıdır. Toroidal manyetik alana ait manyetik akı tüpleri konveksiyon bölgesinin tabanında zamanla kararsız duruma geçebilmektedir. Çevresindeki plazmadan daha hafif olan bu manyetik akı tüpleri konveksiyon bölgesinin içine taşınmakta ve yüzmeye başlayarak Güneş atmosferinin üst katmanlarına doğru yükselmektedir. En dış katmanlar fotosfer, kromosfer ve koronada gözlenen güneş olaylarına neden olan etkin merkezler yüzeye taşınan bu manyetik akı tüplerinden oluşmaktadır. Güneş etkinliğini oluşturan bu olaylar; birkaç dakikadan birkaç saate kadar süren güneş patlamaları ve koronal kütle atımları (KKA), gelişimleri aylar süren etkinlik merkezleri ve nihayet yıllar süren 11 yıllık leke veya 22 yıl süren manyetik etkinlik çevrimleridir ve

Bildiri tam metni için : Tamer ATAÇ
e-mektup: atac@boun.edu.tr

bunlar farklı zaman ölçeklerinde gelişmektedir. Güneş sisteminde bilinen en şiddetli patlamalar olan Güneş patlamaları ve koronal kütle atımları gezegenimizin manyetik alanı ve atmosferin üst katmanları olan termosfer ve iyonosferde istenmeyen etkilere yol açmaktadır. Gelişen teknolojiyle haberleşme ve yeryüzünde konum belirleme sistemlerimizin neredeyse tamamı uydular aracılığı ile yapılmaktadır. Güneş çevrimleri süresince değişen etkinliğinin yakın uzay çevremizde yarattığı koşullar sonucu ortaya çıkan uzay hava durumundaki değişimlerden bütün bu sistemlerin etkilendiği artık bilinen bir gerçektir (Lambour ve diğ., 2003).

2. Çalışmanın Amacı ve Çalışmada Kullanılan Veriler

Bu çalışmada Güneş atmosferinin farklı katmanlarındaki değişimleri temsil eden etkinlik indeksleri kullanılarak sırasıyla 23. çevrimin özellikleri ve güneş etkinliğinin genliği, kuzey-güney asimetrisi, kuzey ve güney yarıküreler için çevrimin maksimum evresinde hangi kısa dönemli değişimlerin gözlemlendiği Fourier analizi kullanılarak araştırılmıştır. Yakın uzay çevremizi ve manyetosfer - iyonosfer-termosfer sistemimizi etkileyen güneş etkinliğini çalışabilmek için etkinliğin çeşitli görünümünü değişik indekslerle tanımlamak bize uzun dönemli değişimleri karşılaştırabilme olanağı sunmuştur. Bu çalışmada kullanılan etkinlik indeksleri aşağıda verilmiştir;

1) (FI, Flare Index) Güneş Patlamaları İndeksi NGDC (National Geophysical Data Center) veri merkezinin toplayıp yayınladığı en son Güneş patlamaları listesinden günlük gözlem süreleri de hesaplanarak 1986 yılından bu yana Kandilli Rasathanesi'nde hazırlanmaktadır. (<http://www.koeri.boun.edu.tr/astronomy/findex.html>)

2) (MMF, Mean Solar Magnetic Field) Stanford Üniversitesi, Wilcox Güneş gözleminde mikrotelas cinsinden ölçülen ortalama manyetik alan şiddeti. Gözlemler 1975 yılından bu yana sürdürülmektedir. (Scherrer ve diğerleri, 1977). (<http://quake.stanford.edu/~wso/wso.html>)

3) (CI, Coronal Index) Güneş'in görünen yüzeyinden koronanın yeşil bölgede yaydığı toplam ışınım ölçülmektedir. İndeksin hazırlanmasıyla ilgili ayrıntılı bilgi Rybansky (1975) tarafından verilmiştir. (http://www.astro.ucla.edu/~obs/150_data.html)

4) (TSA, Total Area of Sunspot Groups) Mount Wilson Gözleminde gözlenen leke gruplarının düzeltilmiş alanları (<http://science.msfc.nasa.gov/ssl/pad/solar/greenwich.html>)

5) (RSN, Relative Sunspot Number) Güneş Lekesi Sayıları Belçika'daki Dünya Veri Merkezi'nde dünya üzerindeki 40'a yakın gözlemevinin katkılarıyla hazırlanmaktadır.

(<http://sidc.oma.be/index.php3>)

6) (IR, Sun's Total Irradiance) Uydulara yerleştirilmiş 5 ışınımölçerin bağımsız olarak ölçtüğü toplam güneş ışınımı ölçümleri 1978 yılından bu yana sürdürülmektedir. Bu ölçümlerden itibaren hazırlanan indeksin ayrıntıları Fröhlich ve Lean (1998)'in yayınında bulunabilir. Çalışmamızda indeksin son versiyonu olan 23. versiyonu kullanılmıştır. (<ftp://ftp.pmodwrc.ch/data/irradiance/composite>)

7) (CME, Coronal Mass Ejection) Koronal kütle atımları (KKA), genellikle güneş leke gruplarının üzerinde gelişen olaylarla birdenbire açık duruma geçen kapalı manyetik alanlardan şiddetle ivmelenmiş güneş maddesi gezegenler arası ortama gönderilir. Büyük koronal kütle atımları sırasında atılan güneş maddesi 10^{16} gr mertebesindedir. Koronal kütle atımları 1995 yılından bu yana SOHO uydusunun 11 aletinden biri olan geniş açılı spektrometrik koronograf (LASCO) aletiyle takip edilmektedir. Çalışmamızda bu grubun hazırladığı koronal kütle atımı listelerinden yararlanılmıştır.

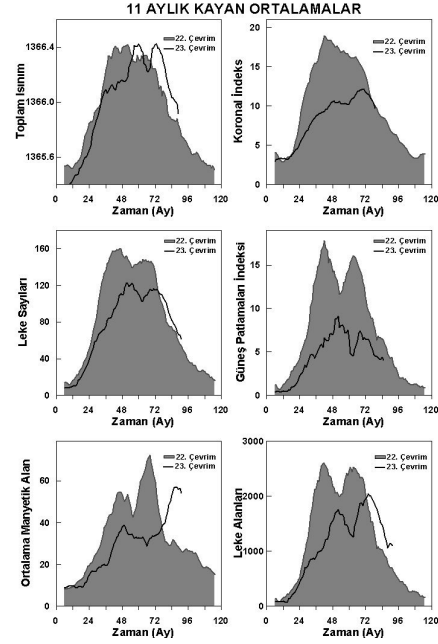
(<http://lasco-www.nrl.navy.mil/cmelist.html>)

3. 23. Çevrimin Genliği ve Diğer Özellikleri

Çalışmada kullandığımız etkinlik indekslerinin aylık ortalama değerlerinin zamana göre değişimini gösteren grafik Şekil 1'de verilmiştir. Bu şekilden görüleceği üzere bir önceki çevrimin etkinlik değerleriyle 23. çevrimin değerleri karşılaştırıldığında Güneş'in toplam ışınımı dışında bütün etkinlik indekslerinde etkinliğin bu çevrimde beklenenden çok daha zayıf sürdüğü görülmektedir. 22. ve 23. çevrimin minimum ve maksimum evresindeki ortalama değerler bütün etkinlik indeksleri için aşağıdaki Çizelge 1'de görülmektedir. Çizelgenin son kolonunda çevrimler arasındaki etkinlik farkını göstermek için minimum ve maksimum evreler arasındaki artış farkı hesaplanarak her etkinlik indeksi için bu değerler oranlanmıştır.

Güneş lekeleri sayıları istatistiksel anlamda etkinlik indeksi olarak kullanılırsa Gnevyshev - Ohl (1948) kuralına göre çift numaralı 11 yıllık çevrimi izleyen tek numaralı 11 yıllık çevrimde etkinliğin genliği daha büyük olmalıdır. Geçtiğimiz 150 yıl boyunca bu düzenin sürmesine rağmen (Şekil 2), bu çevrimin çıkış kolunda ve maksimum evredeki genliğin şiddeti bu kuralın bozulduğuna işaret etmektedir. Oysa 22. çevrimin genliğine bakıldığında 23. çevrimin genliğinin çok şiddetli olması gerekir ancak durum bunun tersini

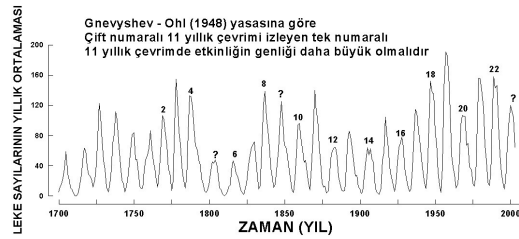
göstermektedir. Geçmişteki çevrimler göz önüne alındığında bu çevrimlerden 4-5 ve 8-9 çiftlerinde de benzer bir durum olduğu görülmektedir. 4. ve 8. çevrimlerde de etkinliğin genliği 22. çevrimde olduğu gibi çok yüksektir. Komitov ve Bonev (2001) çalışmalarında genliği çok yüksek çift sayılı 11 yıllık çevrimlerden sonra daha düşük genlikli tek sayılı 11 yıllık çevrimlerin gelebileceğine dikkat çekmişlerdir. Ayrıca Bonev ve arkadaşları (2004) radyokarbon (C^{14}) ölçümlerini, çevrimlerin genliğini ve leke gruplarının sayısını temsil eden Schöve ve Hoyt-Schatten serilerini kullanarak yaptıkları çok yeni bir çalışmada yaşadığımız evrenin Güneş etkinliğinde uzun sürebilecek yeni bir "minimum"un başlangıcına işaret ettiğini göstermişlerdir. Bu çevrimin diğer önemli özelliklerinden biri çevrimlerin maksimum evresinde görülen çift maksimumun çok belirgin olmasıdır. Şekil 1'de farklı etkinlik indekslerinin aylık ortalamalarına 11 aylık kayan ortalama uygulanmıştır. Bütün etkinlik indekslerinin maksimum evresinde iki maksimum arasında 1-2 yıl süren daha sakin bir dönem görülmektedir. Bu durum ilk kez 1960'lı yıllarda Gnevyshev'in (1963, 1967) 11 yıllık çevrimlerin farklı fiziksel özellikler taşıyan iki etkinlik dalgası barındırdığını, bu nedenle maksimum evrelerinin



Şekil 1. 22. ve 23. çevrimlerin karşılaştırılması

ÇİZELGE 1

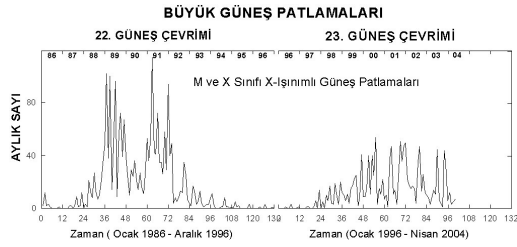
Etkinlik İndeksleri 22 ve 23. Çevrimler	1986 Minimum	1989-1991 Maksimum	1996 Minimum	2000-2002 Maksimum	22. Çevrim / 23.Çevrim (Max – Min) ₂₂ ç/(Max – Min) ₂₃ ç
Ortalama Manyetik Alan	8.4	55.9	9.1	35.5	1.79
Leke Alanları	124.7	2366.0	81.9	1716.8	1.37
Leke Sayıları	13.4	148.6	8.6	111.5	1.31
Güneş patlamaları indeksi	1.2	14.9	0.4	6.3	2.32
Toplam ışınım	1365.538	1366.336	1365.432	1366.277	0.945
Koronal indeks	4.1	17.1	0.9	10.7	1.32



Şekil 2. Gnevyshev-Ohl kuralı

karmaşık bir yapıya sahip olduğunu göstermesiyle gündeme gelmiştir. Çevrimlerin maksimumları sırasında görülen iki maksimum arasındaki boşluk bu nedenle Rus astronomu Gnevyshev'in adı ile Gnevyshev boşluğu (GB) olarak bilinmektedir. 21 ve 22. çevrimlerin maksimum evreleriyle ilgili yapılan önceki çalışmalarda Gnevyshev boşluğunun Güneş'in farklı yarıkürelerinde farklı zamanlarda tek bir maksimumun ortaya çıkmasıyla meydana gelen faz farkının yarattığı bir görüntü olmadığı gösterilmiştir (Gnevyshev, 1967, 1977; Feminella ve Storini, 1997; Bazilevskaya ve diğerleri). Bizim

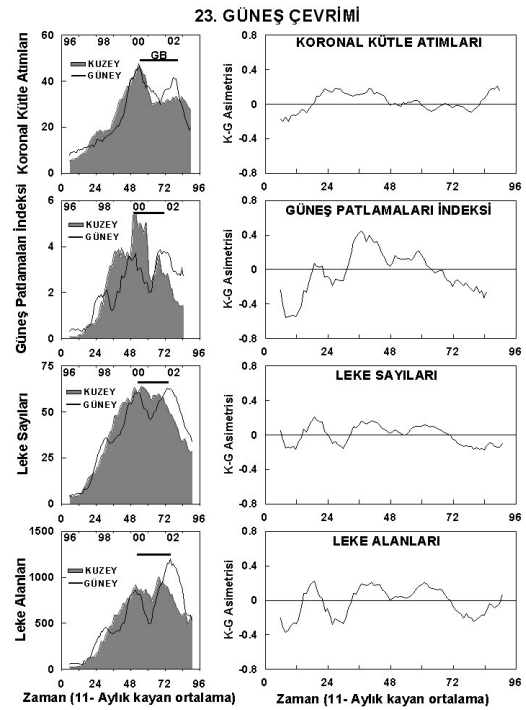
çalışmamızda bu görüşü doğrulamaktadır. Şekil 4'ün sol paneline bakılırsa farklı etkinlik indekslerinde Güneş'in kuzey ve güney yarıkürelerinde maksimum evrenin hemen hemen eş zamanlı olan iki ayrı maksimum gösterdiği görülmektedir. Maksimumların genliği farklı yarıkürelerde farklı şiddetlerdedir. Gnevyshev boşluğunun neden meydana geldiği ile ilgili ayrıntılı fiziksel bir açıklamanın henüz yapılamamasına rağmen Güneş'in kutuplarının bu boşluğun meydana geldiği süre boyunca işaret değiştirdiği gözlemlerle kanıtlanmıştır. Bu dönemde Güneş manyetik enerjisinin önemli bir bölümünü kutupların işaret değiştirme işlemi için harcamış olmalıdır (Alania ve diğerleri, 1999). 23. çevrimde bu işlem çevrimin başında daha etkin olan kuzey yarıkürede 2000 yılının sonunda, güney yarıkürede de 2001 yılında tamamlanmıştır (Wang ve diğerleri, 2004). Bu gözlemsel sonuç farklı etkinlik indekslerini kullandığımız Şekil 4 den de açıkça görülmektedir.



Şekil 3. Büyük güneş patlamaları

M ve X sınıfı X ışınımlı güneş patlamalarının önceki çevriminkilerle karşılaştırılması Şekil 3'de görülmektedir. 23. çevrimin başka bir özelliği de güneş patlamaları etkinliğinin bu çevrimde çok zayıf sürmesidir. Her iki çevrimde minimum senelerinin Ocak ayından itibaren geçen 72 aylık süre dikkate alındığında 22. çevrimde 72. aydan sonra büyük Güneş patlamaları etkinliği en düşük düzeyine inmiştir. Oysa 23. çevrime baktığımızda çevrimin maksimum evresinde ulaşılan düzeye eşit bir etkinlik hiç beklenmedik bir biçimde 2003 yılında da sürmüştür. Genliğin bu kadar düşük olduğu bu çevrimde büyük güneş patlamalarının sayısının az olması etkin bölgelerin daha kararlı bir manyetik yapıya sahip olduğuna işaret etmektedir. Bu da konveksiyon bölgesindeki plazma akıntılarının daha yavaş geliştiğini bu nedenle çevrimin düşük genlikli olmasına karşılık önceki çevrime göre daha uzun dönemli olabileceğine işaret etmektedir. Alışılmadık bir biçimde 2003 yılının sonunda gelişen etkinlikteki artışın ayrıntısına gelince; 2003 Ekim ayının son haftasıyla Kasım ayının ilk haftası boyunca Güneş etkinliğinde önemli bir artma görülmüştür. Aynı dönemi önceki çevrimle karşılaştırdığımızda bu durumun hiç

beklenmeyen bir görüntü sergilediği gözlemlenmektedir. İki hafta boyunca üç ayrı etkin bölge 11 tane çok şiddetli X ışınımlı X-sınıfı güneş patlamasına yol açmıştır. Güneş patlamaları ile birlikte gözlenen koronal kütle atımlarının en hızlıları 22, 28 ve 29 Ekim günleri arasında olanlardır ve bunların hepsi Dünyaya doğru yönelmişlerdir. 28 ve 29 Ekim (X17, X20) günleri meydana gelen olayların etkileri Dünya'ya sadece 19 saat sonra ulaşmıştır. Seri güneş patlamalarının en şiddetlisi (X28) 4 Kasım'da olmuştur ve ölçülen X-ışınım şiddeti bugüne kadar ölçülmüş en şiddetli değerdir. Patlamanın olduğu, bölge o sırada Güneş'in arka yüzüne dönmek üzere olduğu için patlamanın etkileri Dünya'ya yönelmemiştir. Fırtınalı dönem süresince uzaydaki kötü hava durumundan uydular, yüksek enlemlerde uçan araçlar ve yerdeki bazı sistemler etkilenmiştir. Dünya çevresinde dolaşan veya araştırma amaçlı gezegenlerarası ortamda yol alan uyduların 28 tanesi ile ilgili gözlenen anormallikler Webb ve Allen (2004) tarafından rapor edilmiştir.



Şekil 4. 23. çevrimde kuzey-güney asimetrisi

4. 23. Çevrimde Benzer Etkinlik İndekslerinde Kuzey-Güney Asimetrisi

Aynı süre içinde güneş etkinliğine farklı yarıküreler göz önüne alınarak bakıldığında etkinliğin her yarıkürede farklı biçimde geliştiği uzun yıllardır

bilinmektedir. Farklı etkinlik indeksleri kullanan birçok araştırmacı araştırmalarını yaptıkları dönemde kuzey-güney asimetrisine dikkat çekmişlerdir (Roy, 1977; Knoška, 1985; Swinson, Kyoma, ve Saito, 1986; Verma, 1987; Vizoso ve Ballester, 1990; Carbonell, Oliver, ve Ballester, 1993; Oliver ve Ballester, 1994; Joshi, 1995; Watari, 1996; Ataç ve Özgüç, 1996; Li, Schmieder, ve Li, 1998; Li ve Gu, 2000; Temmer ve dig., 2002; Li ve dig., 2003; Gigolashvili ve dig., 2003). Bu indekslere ait zaman serileri kullanılarak yapılan asimetri analizlerinde bu olayın rastgele gelişmediği istatistiksel olarak anlamlı olduğu gösterilmiştir (Joshi, 1995; Li ve dig., 1998; Temmer ve dig., 2002).

Benzer etkinlik indeksleri için kuzey- güney asimetrisi aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır

$$\text{Asimetri} = (K_N - G_N) / (K_N + G_N) \quad (1)$$

Burada K_N , kuzey yarıküreye, G_N de güney yarıküreye ait etkinliğin aylık ortalamasını temsil etmektedir. 23. çevrimin güneş patlamaları indeksine ait zaman serilerinde asimetrisinin gerçekliğini göstermek için Gleissberg'in (1947) geliştirdiği yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemle göre bir zaman serisindeki değişimlerin şans eseri olup olmadığını olasılığı aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilmektedir.

$$p = 1 - \text{erf}(x) \quad (2)$$

Burada "erf" hata fonksiyonu olup hesaplanmasının ayrıntıları Ballı (1955) tarafından verilmiştir. Hesaplar sonucu eğer $p \cong 1$ çıkarsa zaman serisindeki değişimin şans eseri olduğu, $p \ll 1$ çıkarsa değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğuna karar verilir. 23 çevrimde asimetrisinin oldukça belirgin bir olay olduğunu Şekil 4 de gösterilmiştir. Şeklin sol panelinde benzer etkinlik indekslerinin aylık ortalamalarına 11 aylık yumuşatma uygulanmıştır. Kuzey ve güney yarıküreler için elde edilen zaman serilerinin değişimi ayrı grafiklerde gösterilmiştir. Güneş patlamaları indeksi ve leke alanlarının değişimi her iki yarıkürede farklı şiddetlerde gelişmiştir. Bunun sonucu farklı yarıkürelerde maksimumlar farklı zaman ve şiddette görülmektedir. Yarıküreler ayrı ayrı ele alındığında Gnevyshev boşluğu daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Bu da bize manyetik etkinliğin kuzey ve güney yarıkürelerde büyük ölçüde birbirinden bağımsız geliştiğine işaret etmektedir (Temmer ve dig., 2002). Asimetri indekslerinin aylık ortalamalarına 11 aylık kayan ortalama uygulayarak Şekil 4'ün sağ panelinde çevrim boyunca zamana göre değişimlerinin grafiği verilmiştir. Güneş patlamaları indeksi ve leke alanlarının asimetri indeksi değişiminde Kuzey-

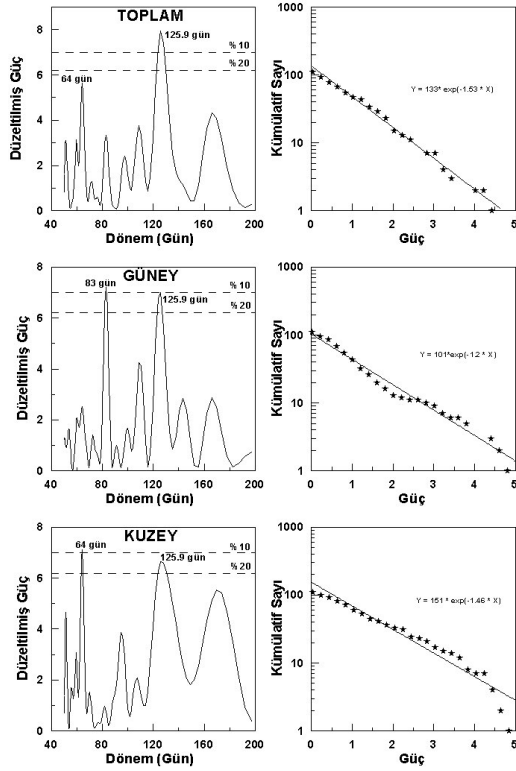
güney asimetrisi daha belirgindir. Bütün etkinlik indekslerinin asimetri eğrilerinde etkinliğin çevrimin başında güney yarıkürede baskın olduğu, çıkış kolunda her iki yarıkürede zaman zaman arttığı, maksimum evrede ise asimetrisinin neredeyse sıfırlandığı görülmektedir. Yarıkürelerdeki etkinliğin hemen hemen birbirine eşit olduğu bu dönem, yine kutupların işaret değiştirdiği süreye denk gelmektedir. Kutuplar işaret değiştirdikten sonra etkinlik bütün etkinlik indekslerinde güney yarıkürenin lehine artmıştır.

5. 23. Güneş Çevriminin Maksimum Evresinde Kısa Dönemli Değişimler

Güneş etkinliğinde Rieger ve arkadaşlarının (1984) ilk kez gama ışınımlı güneş patlamalarına ait zaman serilerinden 153 günlük kısa dönemli değişimleri bulmasının ardından farklı etkinlik indekslerini kullanan birçok araştırmacı bu konuyla ilgili araştırmalar yapmıştır. Yapılan bütün bu çalışmalarda varılan ortak sonuç söz konusu kısa dönemlerin farklı güneş çevrimlerinin maksimum evreleri sırasında bir süre devreye girdikleri yolundadır (Bai ve Sturrock, 1991, 1993). Bu dönemler zaman zaman ortaya çıkma özelliklerinden ötürü gidip gelen dönemler olarak anılmaktadırlar. 23. çevrimin maksimum evresini tamamladığımız için 1999-2002 yıllarını kapsayan 1461 gün içinde kısa dönemli değişimleri araştırmak üzere güneş patlamaları indeksinin kuzey, güney yarıküreleri ve toplam yüzeyine ait zaman serilerine Fourier analizi uygulanmıştır. Şekil 5'de bu zaman serilerinin normalize edilmiş güç spektrumları görülmektedir. Güç spektrumlarındaki güç dağılımının üstel bir dağılım gösterdiğini Horne ve Baliunas (1986) göstermiştir. Bu durumda güç spektrumlarında belli bir frekans için gözlenen yüksek bir güç değerinin herhangi bir K değerinden rastlantı sonucu büyük çıkmasının ihtimali aşağıdaki denklemlerle verilmiştir.

$$P(Z > K) = \exp(-K/\sigma^2) \quad (3)$$

Öte yandan Bai ve Cliver (1990) güç spektrumlarını normalize edebilmenin en uygun yolunun güç dağılımına (3) denklemiyle verilen eğriyi uydurmak olduğunu göstermiştir. Bu eğriler Şekil 5'de sağdaki kolonda görülmektedir. Güç spektrumları 58-231 nHz (50-200 gün) aralığında 1.12 nHz'lik adımlar için hesaplanmıştır. Aşağıdaki Çizelge 2'den görüldüğü gibi güç spektrumlarında gözlenen en belirgin dönemler 125, 83 ve 64 günlük dönemlerdir.



Şekil 5. Güneş patlamaları indeksi güç spektrumu

Güç spektrumlarında gözlenen en yüksek değerlerin bu değeri rastlantı sonucu geçip geçmediğini belirlemek için yanlış alarm olasılığını hesaplama (FAP, false alarm-probability) yöntemi kullanılmaktadır. Bu olasılık aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$FAP = 1 - [1 - \exp(-Z_m)]^N \quad (4)$$

Burada Z_m düzeltilmiş güç spektrumunda gözlenen en yüksek değerleri, N 'de bağımsız frekansların sayısını temsil etmektedir (Scargle, 1982; Horne ve Baliunas, 1986). Bu yöntemle rasgele değişen bir sayı dizisi kullanarak N tane bağımsız frekansın her biri için güç değerinin belirlendiği bir güç spektrumunda, frekans değerlerinin yüzde kaç olasılıkla Z_m değerini rastlantı sonucu geçtiği belirlenmektedir. Bunun hesaplanabilmesi için güç spektrumunda çalışılan pencere ve bağımsız frekansların sayısı göz önünde tutulmaktadır. Bağımsız frekansların sayısı $\Delta f_{ifs} = 1/\tau$ bağıntısıyla bulunmaktadır, burada τ çalışılan zaman aralığıdır

ÇİZELGE 2

Kuzey yarıküre		Güney yarıküre		Toplam yüzey	
Dönem (gün)	FAP	Dönem (gün)	FAP	Dönem (gün)	FAP
64	0.09	83	0.08	64	0.34
125.9*	0.14	125.9	0.10	125.9	0.04

* Güç spektrumunda görülen 125.9 günlük dönem %84 olasılıkla gerçek bir değerdir.

(Scargle, 1982). Buradan $\Delta f_{ifs} = 7.91$ nHz bağımsız frekansların sayısı da 22 olarak hesaplanmıştır.

Örnek sayısını çoğaltmak için çalışılan pencerede 151 frekans bulunduğundan $N=151$ olarak seçilmiştir. Şekil 3'de görülen grafiklerdeki en yüksek güç değerlerinin hangi yüzdelerle bu yüksek değeri tesadüfen geçtiğini belirlemek için yanlış alarm olasılıklarının (FAP) mertebeleri yüzde olarak kesikli çizgilerle gösterilmiştir. 23. çevrimin maksimum evresinde yukarıdaki analiz kuzey, güney yarıkürelerle toplam yüzeye ayrı ayrı uygulandığında 125 günlük dönemin istatistiksel olarak en anlamlı sonuç olduğu görülmektedir. Henüz çevrimlerin maksimum evresinde gözlenen bu dönemlerin nedenlerini açıklayabilmek oldukça zordur. Lou ve arkadaşlarının (2003) koronal kütle atımlarını, büyük güneş patlamalarını ve A_p indeksini kullanarak yaptıkları çok yeni bir

araştırma 1999-2003 yıllarını kapsamaktadır. Bu çalışmada güneş etkinliğinde zaman zaman gözlenen kısa dönemli değişimlerin nedenleri için aşağıdaki senaryo önerilmiştir. Güneş ekvatoruna paralel kuşaklarda gözlenen etkin bölgelerde büyük güneş patlamalarının sayısı çevrimlerin maksimum evresinde artmaktadır. Patlamaların olması için manyetik etkinlik bakımından karmaşık ve kuvvetli etkin bölge yeni manyetik akıyla beslenmeli ve daha karmaşık bir yapıya bürünmelidir. Büyük güneş patlamalarının meydana gelmesi fotosferi sürekli hareketlendirerek Rossby (Lou, 2000) dalgalarını kuvvetlendirmektedir. Böylece güneş etkinliğinde kendi kendini besleyen bir süreç başlamaktadır. Bu hareketlenmenin sonucu fotosferin altından etkin bölgelere tekrar yeni manyetik akı taşınmaktadır. Sürekli yenilenen böyle bir döngüyü başlatabilecek enerji düzeyinin başlangıçta bir eşik değeri olması gerekmektedir.

Her çevrimde o çevrime özgü değişik fiziksel özelliklerden ötürü bu eşik değerin mertebesi farklı büyüklüktedir. Lou ve arkadaşları her çevrimin maksimum evresinde farklı kısa dönemli değişimlerin gözlenmesinin işte bu nedenden ötürü olduğunu öne sürmektedirler. Öte yandan Bai (2003) 1999-2001 yılları arasında gözlenen X-ışınımlı büyük güneş patlamalarında kısa dönemli değişimleri araştırmıştır. Bu evrede bizim çalışmamızda da bulduğumuz gibi 129 ve 33.5 günlük dönemlerin devrede olduğunu göstermiştir. Bai araştırmasında, 125 gün civarında bulunduğu dönemin gerçekte güneş etkinliğinde temel olan 25.5 günlük kısa dönemin bir üst uyumculu olduğuna işaret etmektedir. Bu temel dönemin bir üst uyumculu halinde devreye giren dönem çevrimlerin maksimum evresinde kendini 5 ile 9 kez arasında tekrarladığına da dikkat çekmektedir.

6. Sonuçlar ve Tartışma

Gelişen teknolojinin sağladığı olanaklarla 23. çevrimde gerek yerden gerek uydulardan yapılan gözlemlerin niteliği çok yüksek olmuştur. Bu ayrıntılı gözlemlerden elde edilen etkinlik indekslerine uygulanan analizler, güneş etkinliğinin yaşadığımız çevrimde beklenenden çok daha zayıf sürdüğünü göstermektedir. Çalışmamızda da vurguladığımız gibi manyetik etkinliğin çok düşük olduğunu gösteren çok fazla kanıt gözlenmiştir. Güneş etkinliğinde gözlenen uzun dönemli değişimlerle ilgili araştırmalar bu çevrimin Gleissberg çevrimine benzer yeni bir 100 yıllık çevrimin minimum evresinin başı olduğunu göstermektedir (Bonev ve dig., 2004). Bu nedenle 24. çevrimin de manyetik etkinlik bakımından bu çevrimden daha zayıf olabileceğini bekleyebiliriz. Çalışmanın yazarlarından Ataç ve Özgüç (1996) 23. çevrimde Güneş'in güney yarıküresinin etkinlik bakımından daha etkin olacağını öngörmüşlerdir. Bütün etkinlik indeksleri kutupların işaret değiştirmesinin ardından iniş koluyla birlikte etkinliğin güney yarıküre lehine döndüğüne işaret etmektedir. Kutupların işaret değiştirdiği evreyi asimetri eğrilerimizden 23. çevrimin maksimum evresinde asimetrisinin kaybolduğu bölge şeklinde görmek olanaklıdır.

Helyosismoloji gözlemlerini temel alan yeni bir çalışmada Hathaway ve arkadaşları (2003) çevrimlerin özelliğinin belirlenmesinde ekvatoradan kutuplara doğru meridyen boyunca hareket eden plazma akıntılarının hızının çevrimin özelliklerinin oluşmasında çok önemli olduğunu hatta bir sonraki çevrimin genliğinin öngörülmesinde belirleyici bir rolü olduğunu açıklamışlardır. 23. çevrimin genliğinin bu kadar düşük olmasına bir başka fiziksel açıklamada Schatten (2003) tarafından getirilmiştir. Güneş dinamosunu açıklayan Babcock

modelinin yeni yorumuna göre çevrimlerin minimum evresinde poloidal manyetik alan diferansiyel dönme sonucu toroidal manyetik alana dönüşmektedir. Bu yeni alan çevrimlerin ilerleyen evresinde etkin bölgeler olarak güneş yüzeyine taşınmaktadır ve gözlediğimiz etkinlik değişimini oluşturmaktadır. Her 11 yıllık çevrimin sonunda üretilen yeni poloidal manyetik alanın gücü aynı olmamaktadır. Schatten bu durumu göz önüne alarak Güneş'in genel manyetik alanının bir ölçütü olan yeni bir indeks oluşturarak 22. çevrimde 23. çevrimin toroidal manyetik alanını oluşturacak poloidal manyetik alanın zayıf olduğunu göstermiştir. Görüldüğü gibi çevrimlerin genliğinin oluşmasında poloidal manyetik alanın gücü ve meridyen boyunca olan büyük plazma akıntılarının hızı belirleyici bir rol oynamaktadır. Bunların yanısıra farklı çevrimlerde konveksiyon bölgesindeki türbülans hareketlerinin büyüklüğü ve diferansiyel dönme hızının mertebesindeki değişimler farklı miktarda manyetik alanın yüzeye taşınmasına neden olmaktadır. Bütün bu mekanizmalar çevrimlerin maksimum evresinde gözlenen farklı kısa dönemli değişimler gibi her çevrimin kendi tavrını oluşturan iç dinamikleri harekete geçirmektedir.

7. Kaynaklar

- Alania, M.V., Baranov, M.I., Tyasto, M.I., ve Vernova, E.S.: 1999 Proc. 26th ICRC, 7, 131-134.
- Ataç, T., ve Özgüç, A.: 1996, Solar Phys. **166**, 201.
- Ballı, E.: 1955, Ann. Astrophys. **18**, 118.
- Bai, T, ve Sturrock, P. A.: 1991, Nature, **350**, 141.
- Bai, T, ve Sturrock, P. A.: 1993, Astrophys. J., **409**, 476
- Bai, T, ve Cliver E. W.: 1990, Astrophys. J., **363**, 299.
- Bai, T.: 2003, Astrophys. J., **591**, 406.
- Bazilevskaya, G. A.; Krainev, M. B.; Makhmutov, V. S.; Flückiger, E. O.; Sladkova, A. I., ve Storini, M.: 2000, Solar Phys. **197**, 157-174.
- Bonev, B. P., Penev, K. M., ve Sello, S.: 2004 Astrophys. J. **605**, L81-L84.
- Carbonell, M., Oliver, R., ve Ballester, J.L.: 1993, Astron. Astrophys. **274**, 497.
- Feminella, F., ve Storini, M.: 1997, Astron. Astrophys. **322**, 311.
- Fröhlich, C., ve Lean, J.: 1998, Geophys. Res. Lett. **25**, No. 23, 4377.
- Gigolashvili, M. Sh., Mdzinarishvili, T. G., Japaridze, D. R., ve Chargeishvili, B. B.: 2003 New Astronomy, **8**, Issue 6, p. 529.
- Gleissberg, W.: 1947, Publ. Istanbul University Observatory, No. **31**.
- Gnevyshev, M. N., ve Ohl, A.I.: 1948, Astron. Zh. **25**, 18.

- Gnevyshev, M. N.: 1963, *Soviet Astronomy* **7**, 311.
Gnevyshev, M. N.: 1967, *Solar Phys.* **1**, 107.
Gnevyshev, M. N.: 1977, *Solar Phys.* **51**, 175.
Hathaway, D. H., Nandy, D., Wilson, R. M., ve Reichmann, E. J.: 2003 *Astrophys J.* **589**, 665.
Horne, J. H., ve Baliunas, S. L.: 1986, *Astrophys. J.* **302**, 757.
Joshi, A.: 1995, *Solar Phys.* **157**, 315.
Komitov, B. J., ve Bonev, B.: 2001, *Astrophys. J.* **554**, L119.
Knoška, S.: 1985, *Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso* **13**, 217.
Lambour, R. L.; Coster, A. J.; Clouser, R.; Thornton, L. E.; Sharma, J.; Cott, T. A.: 2003 *Geophys. Res. Lett.* **30**, Issue 3, 36-1.
Li, J. K., Schmieder, B., ve Li, Sh. Q.: 1998, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* **131**, 99.
Li, J. K. ve Gu M. X.: 2000, *Astron. Astrophys.* **353**, 396.
Li, K. J., Liu, X. H., Zhan, L. S., Liang, H. F., Zhao, H. J., ve Zhong, S. H.: 2003 *New Astronomy*, **8**, Issue 7, 655.
Lou, Y.Q.: 2000, *Astrophys. J.* **540**, 1102.
Lou, Y.Q., Wang Y.M., Fan, Z., Wang, S., ve Wang, J.X.: 2003, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **345**, 809.
Oliver, R., ve Ballester J. L.: 1994, *Solar Phys.* **152**, 481.
Roy, J. R.: 1977, *Solar Phys.* **52**, 53.
Rybansky, M.: 1975, *Bull. Astron. Inst. of Czechosl.* **26**, 367.
Rieger, E., Share G. H., Forrest D. J., Kanbach G., Reppin C., ve Chupp E. L.: 1984 *Nature*, **312**, 623–635.
Scargle, J. D.: 1982, *Astrophys. J.* **263**, 835.
Scherrer, H. P., Wilcox, M. J., Svalgaard, L., Duvall, L. T., Dittmer, H. P., ve Gustafson, E. K.: 1977, *Solar Phys.* **54**, 353.
Schatten, K.H.: 2003, *Adv. Space Res.* **32**, No.4, 451.
Swinson, D. B., Kyoma, H., ve Saito, T.: 1986, *Solar Phys.* **106**, 35.
Temmer, M., Veronig, A., ve Hanslmeier, A.: 2002, *Astron. Astrophys.* **390**, 707.
Verma, V. K.: 1987, *Solar Phys.* **114**, 185.
Vizoso, G. ve Ballester, J. L.: 1990, *Astron. Astrophys.* **229**, 540.
Wang, Y.M., Sheeley Jr. N.R., ve Andrews, M.D.: 2002, *J. Geophys Res.* **107**, No. A12, 1465
Watari, S.: 1996, *Solar Phys.* **163**, 259.
Webb, D.F. ve Allen, J. H.: 2004, *Space Weather*, Vol. 1, No: 3.