

25. Güneş Çevrimi Süresince Uzak Havası Değişimleri

Mehmet Geldi¹  , Esin Sipahi¹ 

¹ Ege Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100 İzmir

Accepted: May 9, 2025. Revised: May 9, 2025. Received: December 2, 2024.

Özet

Uzak havası; Güneş patlamalarından açığa çıkan yüksek enerjili parçacıkların Yer atmosferiyle etkileşime girmesi sonucu oluşan jeomanyetik fırtınaların iklim, havacılık, uydur teknolojileri ve yer tabanlı teknoloji sistemleri üzerindeki etkilerini inceleyen alandır. Güneş'in doğasının henüz tam anlamıyla keşfedilmemiş olması bizleri ve ürettiğimiz teknolojiyi Güneş'ten gelebilecek beklenmedik etkilere karşı savunmasız bırakmaktadır. Dolayısıyla uzak havası çalışmaları, Güneş aktivitesini ve Yer'e olan etkilerini inceleyerek olası tehlikelere karşı erkenden önlemler almayı amaçlar. Bu çalışmada 25. güneş çevrimi süresince güneş aktivitesi ve uzak havası arasındaki ilişki incelenmiştir. Güneş leke sayımları, güneş x-ışın akısı, Ap indeksi ve Dst indeksi verileri birlikte değerlendirilmiş, güneş aktivitesiyle uzak havası verilerinin değişimi grafikleri karşılaştırılarak aralarında korelasyon olup olmadığı araştırılmıştır.

Abstract

Space weather is the field that examines the effects of geomagnetic storms, which result from the interaction between high-energy particles released during solar flares and the Earth's atmosphere, on climate, aviation, satellite technologies, and ground-based technological systems. The incomplete understanding of the Sun's nature leaves us and the technology we produce vulnerable to unexpected impacts from the Sun. Therefore, space weather studies aim to investigate solar activity and its effects on Earth, enabling the adoption of early measures against potential hazards. In this study, the relationship between solar activity and space weather during Solar Cycle 25 was examined. Sunspot counts, solar X-ray flux, the Ap index, and the Dst index were evaluated together, and graphs depicting the variations in solar activity and space weather data were compared to investigate whether there is a correlation between them.

Anahtar Kelimeler: Solar Cycle 25 – Solar Flares – Geomagnetic Storm

1 Giriş

Uzak havası çalışmaları güneş patlamalarından açığa çıkan yüksek enerjili parçacıkların Yer atmosferiyle etkileşime girmesi sonucu oluşan jeomanyetik fırtınaların iklim, havacılık, uydur teknolojileri ve yer tabanlı teknolojik sistemler üzerindeki etkilerini inceler. Güneşte gözlediğimiz olayların Yer'in atmosferi ve manyetik alanı ile gezegenler arası ortam üzerindeki etkilerini kısaca uzak havası olarak tanımlıyoruz. Uzak meteorolojisi olarak da isimlendirilen bu alan, hem sosyal hem de ekonomik olarak değerlendirilmektedir. Uzak havası çalışmalarında esas kaynak Güneş'tir. Güneş'teki patlamalardan açığa çıkan enerjili parçacıkların ve koronal kütle atımlarının yanı sıra süpernova gibi yüksek enerjili patlamalardan açığa çıkan galaktik kozmik ışınlar Yer atmosferiyle etkileşerek uzak havası olaylarının temelini oluşturur.

Güneş, leke aktivitesi gösteren bir yıldızdır. Güneş lekeleri temel alınarak yapılan araştırmalarda, farklı periyotlara sahip çeşitli çevrimler tespit edilmiştir. Bunlar arasında 11 yıllık Güneş Leke Çevrimi Schwabe (1844), 22 yıllık Hale Polarite Çevrimi Hale ve diğ. (1919) ve 80 yıllık Gleissberg Çevrimi Gleissberg (1971) yer almaktadır. Güneş'in manyetik alanı her 11 yılda bir tersine döner ve Güneş'e ait Kuzey-Güney kutuplarının polaritesi değişir. Teleskobun icat edildiği 1610 yılından itibaren Güneş gözlemleri yapılmış olsa da, 1755 yılından itibaren Güneş lekeleri düzenli olarak kayıt altına alınmaya başlanmıştır. Güneş'in doğasına ilişkin çalışmalar

yapmak, çok daha şiddetli leke aktivitesi gösteren yıldızların yapısına dair bilgi elde etmek için oldukça önemlidir. Güneş aktivitesinin yıldız yüzeyindeki plazma hareketleri ile manyetik alan arasındaki etkileşimden kaynaklandığı yapılan çalışmalarla ortaya çıkarılmıştır (Hathaway 2010). Leke sayılarının artış göstermesi Güneş çevriminin maksimumuna doğru ilerlediğinin göstergesidir. Bu süreç, Güneş aktivitesinin arttığı ve şiddetli uzak havası olaylarına neden olduğu dönemdir. Çevrim maksimuma ulaştıktan sonra leke aktivitesinde bir azalma görülür (Schad & Penn 2010). Aktivitenin en az olduğu noktada çevrim minimuma ulaşır ve 11 yıllık çevrim tamamlanmış olur. Böylece yeni bir çevrim başlamış olur. Güneş, günümüzde 25. çevrimin içindedir ve en geç 2025 yılının ortalarına doğru maksimumuna ulaşacağı tahmin edilmektedir. Hatta son gözlemler çevrimin maksimum leke sayısına ulaştığını göstermektedir.

Uzak havası terimi ilk kez 1950'lerde kullanılmış olsa da, bu alanın doğuşu 1859 yılında kayıtlara geçen Carrington Olayı olarak kabul edilir. 1 Eylül 1859'da öğle saatlerinden hemen önce Britanyalı astronom Richard Carrington, fotosfer gözlemi yaparken büyük bir güneş leke grubu içerisinde bir "beyaz ışık parlaması" gözlemledi (Carrington 1859). Bu parlamanın Yer'e olan etkileri takip eden günlerde kendini gösterdi. Avrupa ve Kuzey Amerika'daki telgraf ağı çöktü. Bazı operatörler elektrik çarpması yaşarken, bazı telgraf ekipmanları güç kaynağından kesildi ve mesaj iletimi kesintiye uğradı. ABD'deki Rocky Dağları üzerindeki auroralar o kadar parlaktı ki altın madencileri sabah olduğunu düşünerek işlerini bıraktılar. Astronomlar daha önce Güneş lekelerini ve bunların Yer'in manyetik alanıyla

* mehmetgeldi03@gmail.com

olan etkileşimlerini gözlemlemiş olsa da, Carrington olayı Güneş'teki aktivitenin Yer üzerinde potansiyel sarsıcı etkiler yaratabileceğine dair somut bir kanıt olmuştur.

Güneş'teki patlamalardan açığa çıkan yüksek enerjili parçacıklar ile süpernova ve gama ışın patlaması gibi yüksek enerjili patlamalarla üretilen galaktik kozmik ışınlar, sağlık başta olmak üzere birçok alanda Yer'i ve Yer'de yaşayan insanları etkilemektedir (Reames 2004). Yörüngede dolanan uzay araçlarındaki astronotların yüksek oranda radyasyona maruz kalmasına neden olan jeomanyetik fırtınalar, uydulara ve yer tabanlı teknolojik sistemlere de zarar vererek büyük maddi kayıplara neden olabilmektedir. Havacılık sektörünü etkileyerek uçakların rötar yapmasına ve uçaklarda kullanılan GPS sistemlerinin hata vermesine neden olurlar (Malandraki & Crosby 2018). Etkilediği diğer alanlar ise iklim, telekomünikasyon, GPS sistemleri, uydu teknolojileri ve elektrik sistemleridir.

Bu çalışmada Güneş aktivitesi ile uzay havası arasındaki ilişki incelenmiş, güneş leke sayıları ve uzay havası parametreleri arasındaki korelasyonlar SPSS (V17.0) (Green ve diğ. 1996) istatistik programı kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar §5'de verilmiştir.

2 Veri

Uzay havası ölçümleri kapsamında uydular ve dedektörler tarafından sürekli ölçümü yapılan parametreler mevcuttur. Bu parametrelerden en sık kullanılanlar düzeltilmiş Güneş lekeleri sayıları (SSN), bozucu fırtına zamanı (Dst), proton akısı, X-ışın akısı, gezegensel K-indeksi (Kp), gezegensel A-indeksi (Ap) ve Güneş'in 10.7 cm dalgaboyundaki radyo akısıdır (F10.7cm). Bu çalışmada kullanılan düzeltilmiş Güneş leke sayıları (SSN) Postdam Veri Merkezinden (Schuh ve diğ. 2021), Kp, Dst ve Ap verileri Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi Veri Merkezinden, Güneş proton akısı ve Güneş X-ışın akısı verileri GOES veri arşivinden alınmıştır. Uzay havası parametreleri olarak da ifade edilen bu verilere kısaca tanımlamak iyi olacaktır.

2.1 Düzeltilmiş Güneş Leke Sayısı (SSN)

Düzeltilmiş Güneş leke sayısı, Güneş'in tüm görünür diskinin aktivitesinin bir indeksidir. Her gün önceki günlere bakılmaksızın belirlenir. Düzeltilmiş Güneş leke sayısı, Rudolf Wolf'un rölativistik leke sayısı formülü $R=k(10g+f)$ ile hesaplanır. Burada g Güneş lekeleri gruplarının sayısı, f ise farklı lekelerin toplam sayısı, k parametresi (genellikle 1'den küçüktür) gözlemciye ve gözlem yerine bağlı olarak değişiklik gösterebilen bir sayıdır. Günlük olarak Güneş'te oluşan lekelerin sayısı jeomanyetik aktivite seviyesinin önemli bir göstergesidir. Bu parametrenin etkisine ilişkin literatürde yer alan değerler Çizelge 1'de verilmiştir.

2.2 F10.7 cm Güneş Radyo Akısı Ölçümü

F10.7 cm Güneş radyo akısı ölçümü, 2800 MHz ($\lambda=10.7$ cm) merkezli 100 MHz genişliğinde bir bantta bir saat boyunca ortalama olarak Güneş radyo emisyonunun gücünün belirlenmesidir (Tapping 2013). Genellikle F10.7 indeksi olarak adlandırılan 10.7 cm Güneş radyo akısı (F10.7) Güneş aktivitesinin en yaygın kullanılan parametrelerinden biridir ve Güneş aktivitesinin mükemmel bir göstergesidir. Her türlü hava koşulunda Yeryüzeyi'nden ölçülebilmesi sebebiyle en güvenilir uzay havası parametrelerinden biridir. Ölçümlerin birimi 10^{-22} W m⁻² Hz⁻¹ dir.

2.3 Gezegensel K-indeksi (Kp)

Gezegensel K-Indeksi, tek bir jeomanyetik gözlemevi sahası için varsayılan bir sakin gün eğrisine göre manyetik aktivitedeki 3 saatlik aralığın yarı-logaritmik yerel indeksidir. 3 saatlik Gezegensel aralık indeksi Kp, 44 derece ile 60 derece kuzey veya güney jeomanyetik enlemleri arasındaki 13 jeomanyetik gözlemeviden elde edilen ortalama standartlaştırılmış K-indeksidir. Buna bağlı olarak gezegensel K-indeksi (Kp), jeomanyetik fırtınaların büyüklüğünü ifade etmek için kullanılır. Kp, Yer'in manyetik alanındaki bozulmaları hassas şekilde veren parametredir. Kp parametresi birimsizdir. Yer tabanlı 8 manyetometreye dayalı olarak 3 saatte bir ölçülür. 3 saatlik gezegensel Kp-indeksi ölçümleri 10 değerden oluşur ve 0 ile 9 arasında değişir. Bu parametre bir tahmin değil, belirli bir süre boyunca ölçülen Kp değerini gösterir. Bu parametrenin etkisine ilişkin literatürde yer alan değerler Çizelge 2'de verilmiştir.

2.4 Gezegensel Ap-indeksi (Ap)

Gezegensel Ap-indeksi, jeomanyetik aktivite için günlük ortalama bir seviye sağlar. Kp parametresinin manyetometre dalgalanmalarıyla doğrusal olmayan ilişkisi nedeniyle, bir dizi Kp indeksinin ortalamasını almak anlamlı değildir. Bunun yerine, her 3 saatlik Kp değeri Ap indeksi adı verilen doğrusal bir ölçeğe dönüştürülmektedir. Günlük 8 Ap değerinin ortalaması bize o günün Ap indeksini verir. Dolayısıyla Ap indeksi, yüksek düzeyde jeomanyetik aktiviteye sahip günlerin yüksek Ap değerine sahip olduğu bir jeomanyetik aktivite indeksidir. Ap ve Ap indeksleri birimsizdir. Ap parametresine karşılık gelen jeomanyetik aktivite düzeyini gösteren değerler Çizelge 3'te verilmiştir.

2.5 Bozucu Fırtına Zamanı İndeksi (Dst)

Bozucu fırtına zamanı indeksi, uzay havası bağlamında bir ölçüdür. Güneş protonları ve elektronlarının Yer etrafında neden olduğu halka akımının gücü hakkında bilgi verir. Yer'in etrafındaki halka akımı, Yer'in manyetik alanının tam tersi bir manyetik alan üretir; yani, güneş elektronları ve protonları arasındaki fark artarsa, Yer'in manyetik alanı zayıflar. Negatif bir Dst değeri, Yer'in manyetik alanının zayıfladığı anlamına gelir. Bu durum özellikle Güneş fırtınaları sırasında görülür. Dst değeri nT biriminde verilir.

2.6 Gezegensel Genlik İndeksi (ap)

Gezegensel genlik indeksi, üç saatlik eşdeğer gezegensel genlik ap, Kp parametresinden türetilir. Günlük olarak elde edilen 8 Ap değerinin ortalaması ise Ap değerini verir. Günlük Ap değerlerinin ortalamasından elde edilen Ap değerleri ve bu değerlere karşılık gelen Kp seviyesini gösteren değerler Çizelge 4'te verilmiştir.

2.7 Jeomanyetik Fırtına Ölçeği (G-indeksi)

Jeomanyetik Fırtına Ölçeği, jeomanyetik fırtınaların şiddetini gösterir. Ölçek değeri G ile gösterilir ve fırtınanın şiddetine göre 1'den 5'e kadar bir sayıya karşılık gelir. G1, küçük bir jeomanyetik olaya karşılık gelirken G5 aşırı jeomanyetik olayları temsil eder. Bu ölçek, fiziksel ölçü olarak gezegensel K-indeksi Kp'yi kullanır. Jeomanyetik fırtına şiddetine karşılık gelen Kp seviyesini gösteren değerler Çizelge 5'te yer almaktadır.

Çizelge 1. Düzeltilmiş Güneş lekesi sayıları (SSN) ile aktivite seviyesi arasındaki ilişkiyi gösteren tablo.

SSN	Aktivite Seviyesi
>250	Aşırı
150-250	Çok Yüksek
80-150	Yüksek
40-80	İlımlı
20-40	Düşük
0-20	Çok Düşük

Çizelge 2. Jeomanyetik fırtına şiddetine (G) karşılık gelen Kp seviyesini gösteren tablo (Kaynak).

G	Aktivite Düzeyi	Kp	Fırtına Periyodu
G5	Aşırı	9	Bir çevrimde 4 kez
G4	Şiddetli	8	Bir çevrimde 100 kez
G3	Yüksek	7	Bir çevrimde 200 kez
G2	İlımlı	6	Bir çevrimde 600 kez
G1	Düşük	5	Bir çevrimde 1700 kez

Çizelge 3. Ap parametresine karşılık gelen jeomanyetik aktivite düzeyini gösteren tablo.

Ap	Jeomanyetik Aktivite
>100	Şiddetli Fırtına
50-99	Büyük Fırtına
30-49	Küçük Fırtına
16-29	Aktif
8-15	Tedirgin

Çizelge 4. Günlük ap değerlerinin ortalamasından elde edilen Ap değerleri ve bu değerlere karşılık gelen Kp seviyesini gösteren tablo.

Ap	Kp
0	0
4	1
7	2
15	3
27	4
48	5
80	6
132	7
207	8
400	9

Çizelge 5. Güneş X-ışın akısı ile flare şiddeti arasındaki ilişkiyi gösteren tablo.

Seviye	Akı	Tanımlama
C	$10^{-6} - 10^{-5}$	Düşük Flare
M	$10^{-5} - 10^{-4}$	Orta Flare
X	$10^{-4} - 10^{-3}$	Yüksek Flare

2.8 Güneş X-ışın Akısı

Güneş X-ışın akısı, uzay havası araştırmalarında kullanılan önemli veri türünden biridir. Güneş'te lekelerin oluştuğu aktif bölgelerden arka plan akısı ve Güneş patlamalarından yüksek miktarlarda X-ışın akısı üretilir. Güneş X-ışın akısı için akı değerini belirtmek için belirli bir harf ve X-ışın akısının nümerik değeri kullanılır. X-ışın akısı $W m^{-2}$ birimiyle verilir. Güneş parlamaları 1 ila 8 Angström dalgaboyu aralığındaki X-ışın parlaklıklarına göre sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırma C, M ve X olmak üzere 3 kategoriye ayrılır. X sınıfı parlamalar Yer'de radyo kesintilerine ve uzun süreli jeomanyetik fırtınalara neden olabilen büyük parlamalardır. M sınıfı parlamalar orta büyüklüktedir ve Yer'in kutup bölgelerini etkileyen kısa radyo kesintilerine neden olabilirler. C sınıfı parlamalar ise X ve M sınıfı parlamalara kıyasla küçük parlamalardır ve Yer'de çok az fark edilebilir sonuca neden olurlar. X-ışını parlamaları için her kategori, C1 ile C9, M1 ile M9 ve X1 ile X9 arasında değişen dokuz alt bölüme sahiptir. Bu alt bölümler arasında logaritmik bir ilişki mevcuttur. Bu ilişkiye göre; M1 parlaması C1 parlamasından, X1 parlaması ise M1 parlamasından 10 kat daha güçlüdür.

2.9 Güneş Proton Akısı

Güneş proton akısı, Güneş patlamalarının ardından meydana gelen ve "Güneş Proton Olayları" (SPE) olarak da bilinen Güneş radyasyon fırtınalarından çok yüksek hızlarda fırlatılan protonların akı değerinin ölçümüdür. Bu radyasyon fırtınaları, 1 astronomik birimlik mesafeyi yarım saatten daha az bir sürede katedebilir ve etkileri birkaç gün boyunca devam edebilir. Güneş Proton Olayları 11 yıllık Güneş çevrimi boyunca meydana gelebilir ancak en sık görüldüğü zamanlar Güneş çevriminin maksimuma yaklaştığı zamanlardır. Bir radyasyon fırtınası sırasında, uydular ve yörüngedeki uzay araçları yüksek oranda yüksek enerjili parçacıklara maruz kalırlar. Bu durum uyduların ve uzay araçlarının elektrik sistemlerine zarar verirken, uzay araçlarında bulunan astronotların da sağlığını riske atar.

3 Analizler

Bu çalışmada korelasyon analizi için Ap, Dst, X-ışın Akısı ve Düzeltilmiş Leke Sayısı (SSN) verileri tercih edilmiştir. Çünkü X-ışın akısı ve leke sayısı verileri güneş aktivite indeksi, Ap ve Dst verileri ise küresel jeomanyetik indekslerdir. Ayrıca veri seçiminde korelasyon analizinde birlikte değerlendirilecek verilerin aynı gözlem zamanlarında alınmış olmasına ve mümkün olduğunca fazla veri olan indekslerin seçilmesine özen gösterilmiştir. Jeomanyetik gezegen A-indeksi (Ap), Güneş parlamaları ile doğrudan bağlantılı olan jeomanyetik aktivite düzeyini gösteren bir parametredir. Bozucu fırtına zamanı indeksi (Dst), parlamalardan açığa çıkan jeomanyetik fırtınaların Yer'in manyetik alanına etkisini gösteren bir parametredir. X-ışın Akısı ise parlamadan açığa çıkan akı miktarına göre parlamaların sınıflandırılmasına yarayan parametredir. Parlamalarla ve parlamaların sebep olduğu jeomanyetik aktivite ile ilişkili olan bu parametreler korelasyon analizi için uygun görülmüştür. Oluşturulan üç ayrı değişim grafiğinde birincil dikey eksenle sırayla bu parametreler yer alırken ikincil dikey eksenle Düzeltilmiş Leke Sayısı (SSN) tercih edilmiştir. İkincil dikey eksen için bu parametrenin seçilmesinin sebebi Güneş'teki lekelerin günbegün kayıt altına alınması ve leke sayılarının doğrudan aktivite düzeyi hakkında bilgi vermesidir. Güneş aktivitesine bağlı olarak oluşan

Çizelge 6. 25. Güneş çevrimi leke sayıları ile bazı uzay havası parametreleri arasındaki korelasyon değerleri. F_{XR} : X-ışın akısı, F_{Pr} : Proton akısı, PC: Pearson Korelasyon, p-değeri: anlamlılık. “*” ile işaretlenen parametreler %1 anlamlılık düzeyinde (çift yönlü) anlamlıdır.

		Dst	SSN	Ap	F_{XR}	F_{Pr}
PC	Dst	1.000	-0.182*	-0.612*	-0.177*	-0.023
p-değeri			0.000	0.000	0.007	0.623
N		472	467	472	234	472
PC	SSN	-0.182*	1.000	0.206*	0.269*	0.196*
p-değeri		0.000		0.000	0.000	0.000
N		467	467	467	234	467
PC	Ap	-0.612*	0.206*	1.000	0.178*	0.086
p-değeri		0.000	0.000		0.006	0.063
N		472	467	472	234	472
PC	F_{XR}	-0.177*	0.269*	0.178*	1.000	0.025
p-değeri		0.007	0.000	0.006		0.709
N		234	234	234	234	234
PC	F_{Pr}	-0.023	0.196*	0.086	0.025	1.000
p-değeri		0.623	0.000	0.063	0.709	
N		472	467	472	234	472

parlamalar ve bu parlamaların neden olduğu jeomanyetik olaylar arasındaki ilişkinin incelenmesi için grafiklerde bu parametrelere yer verilmiştir. Kullanılan veriler 25.Güneş çevriminin başladığı Aralık 2019 tarihinden itibaren alınmıştır.

Düzeltilmiş Güneş lekesi sayısı, Ap indeksi, Güneş X-ışın ve proton akıları, bozucu fırtına zamanı (Dst) verileri birlikte değerlendirilerek güneş aktivitesiyle uzay havası parametreleri arasındaki değişim grafikleri karşılaştırılmış ve aralarında korelasyon aranmıştır. Korelasyon analizi için bu verilerin seçilmesi Bu veriler arasında korelasyon incelemesi SPSS V17.0 (Green ve diğ. 1996) istatistiksel programı kullanılarak yapılmıştır. Veriler arasındaki korelasyon değerlerinin belirlenmesi için programdaki "Pearson Korelasyon" yaklaşımı kabul edilmiştir. Korelasyon değeri -1 ile +1 arasında değerler almaktadır. Parametreler arasındaki korelasyon incelemesi, 25. Güneş çevrimi verilerinin arşivdeki yer alan güncel kısmını kapsamaktadır. Korelasyon analizlerinin yorumlanması, elde edilen "Pearson Correlation" değerlerine göre değişkenlik gösteren yön ve kuvvet parametrelerine göre yapılmıştır. 0'dan büyük değerler pozitif yönlü, 0'dan küçük değerler ise negatif yönlü olarak kabul edilmiştir. Buna göre; korelasyon değeri +1 olan parametreler mükemmel ilişkiye, +0.5 ve 0.5'den büyük değerler güçlü ilişkiye, +0.3 ile +0.49 değerleri arasındaki değer orta ya da ılıman ilişkiye, 0 ile +0.29 arasındaki değerler düşük ilişkiye, 0 değeri ise ilişkinin bulunmadığına işaret eder. Negatif yönde ise; korelasyon değeri -0.5 ile -1 arasında olan parametreler güçlü ilişkiye, -0.3 ile -0.49 arasında olan değerler ılıman ya da orta ilişkiye, 0 ile -0.29 olan değerler zayıf ilişkiye işaret eder. Elde edilen sonuçlar Şekil 6'da yer alan program çıktısında görülmektedir.

4 Bulgular

25. Güneş çevrimi verilerinin analizi sonucu düzeltilmiş Güneş lekesi sayısı (SSN) ve jeomanyetik gezegen A-indeksi (Ap) arasında 0.206 değerinde bir bağıntı olduğu tespit edilmiştir. Buna göre; bu iki parametre arasında pozitif yönlü ve düşük bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişki, ilgili parametrelerden birinin değeri artarken diğerinin de aynı yönde artış gösterdiğini ancak

doğrusal bir bağıntı oluşturacak kadar güçlü olmadığını ifade eder. Bu ilişki Şekil 1 üst panelde grafiklenmiştir.

Düzeltilmiş Güneş lekesi sayısı ile bozucu fırtına zamanı (Dst) arasında -0.182 değerinde bir bağıntı tespit edilmiştir. "Pearson Correlation" değerine göre bu iki parametre arasında negatif yönlü ve düşük bir ilişki olduğu görülmüştür ancak bozucu fırtına zamanı değerinin düzey artışı negatif yönde gerçekleştiği için bu iki parametre arasındaki bağıntı pozitif yönlü olarak kabul edilmiştir. Bu kabul, Dst parametresinin diğer parametreler ile oluşturduğu bağıntılar için de geçerlidir. Elde edilen değere göre, Güneş leke sayısı artarken bozucu fırtına zamanının da artış gösterdiğini ancak bu artışın düşük seviyede olduğunu ifade eder. Bu ilişki Şekil 1 orta panelde grafiklenmiştir.

Düzeltilmiş Güneş lekesi sayısı ile Güneş X-ışın akısı (XR-Flux) arasında 0.269 değerinde bir bağıntı tespit edilmiştir. Bu bağıntıya göre, Güneş'teki leke sayıları artarken Güneş'ten salınan X-ışın enerjisinde de bir artış tespit edilmiştir ancak bu artış düşük seviyededir. Bu ilişki Şekil 1 alt panelde grafiklenmiştir.

Düzeltilmiş Güneş leke sayısı ile Güneş proton akısı (XR-Proton Flux) arasında 0.196 değerinde bir bağıntı tespit edilmiştir. Buna göre, Güneş'te leke sayısı arttıkça Güneş proton olaylarıyla açığa çıkan protonlarda da bir artış tespit edilmiştir ancak bu artış düşük seviyededir.

Bozucu fırtına zamanı (Dst) ile jeomanyetik gezegen A-indeksi (Ap) arasında -0.612 değerinde bir bağıntı elde edilmiştir. Bu bağıntıya göre, iki parametre arasında pozitif yönde ve güçlü bir ilişki tespit edilmiştir. Bu parametrelerden birinin artışı, ilgili diğer parametrenin de güçlü düzeyde artmasına neden olmaktadır. Dst ile Güneş X-ışın akısı arasında -0.177 değerinde bir bağıntı tespit edilmiştir. Bu bağıntıya göre, iki parametre arasında pozitif yönlü ancak düşük bir ilişki bulunmaktadır. Güneş'ten salınan X-ışın akısı arttıkça, bozucu fırtına zamanı değerleri de artmaktadır ancak bu artış düşük düzeydedir. Dst ile Güneş proton akısı arasında -0.023 değerinde bir bağıntı tespit edilmiştir. Bu bağıntıya göre; iki parametre arasında pozitif yönlü ancak çok düşük bir ilişki olduğu görülse de, korelasyon değeri 0'a oldukça yakın olduğu için aralarında ilişki olmadığı da kabul edilebilir. Jeomanyetik gezegen A-indeksi (Ap) ile Güneş X-ışın akısı arasında 0.178 değerinde bir bağıntı tespit edilmiştir. Bu bağıntıya göre, bu parametreler arasında pozitif yönlü ancak düşük bir ilişki bulunmaktadır. Güneş X-ışın akısı arttıkça Ap-indeksinin de arttığı ancak bu artışın düşük düzeyde olduğu ifade edilir.

Ap-indeksi ile Güneş proton akısı arasında 0.086 değerinde bir bağıntı tespit edilmiştir. Bu bağıntıya göre, ilgili iki parametre arasında pozitif yönlü ancak çok düşük bir ilişki tespit edilmiştir. Güneş X-ışın akısı ile Güneş proton akısı arasında 0.025 değerinde bir bağıntı tespit edilmiştir. Bu bağıntıya göre, bu iki parametre arasında pozitif yönlü ancak çok düşük bir ilişki tespit edilmiştir. Korelasyon değerinin 0'a oldukça yakın olması sebebiyle bu iki parametre arasında ilişki olmadığı da kabul edilebilir.

5 Tartışma ve Sonuç

Güneş aktivitesi ve uzay havası ilişkisini anlama ve tahmin etme üzerine yapılan çalışmalar son yıllarda artmıştır. Bunun için güneş aktivitesi indeksleri ile jeomanyetik indekslerin birlikte analizleri kullanılmaktadır. Elbette, bu analizlere dayanan tahminler teorik modellere değil gözlemlere dayanır. Bu çalışmada, 25. Güneş çevrimi için güneş leke sayıları ile bazı



Şekil 1. Üst Panel: Jeomanyetik gezegen A-indeksi (Ap – mavi nokta) ile düzeltilmiş Güneş leke sayısı (SNN – sarı nokta) verileri arasındaki değişim. 25. Güneş leke çevriminin maksimuma çıkış kolunda leke sayısının artmasıyla birlikte Ap indeksinin de artışı görülmektedir. **Orta Panel:** Bozucu fırtına zamanı (Dst – mavi nokta) ile düzeltilmiş Güneş leke sayısı (SNN – sarı nokta) verileri arasındaki değişim. 25. Güneş leke çevriminin maksimuma çıkış kolunda leke sayısının artmasıyla birlikte Dst indeksinin de artışı görülmektedir. **Alt Panel:** Güneş X-ışın akısı (mavi nokta) ile düzeltilmiş Güneş lekeleri sayısı (sarı nokta) verileri arasındaki değişim. Güneş'teki leke sayıları artarken Güneş'ten salınan X-ışın enerjisinde de bir artış görülür fakat bu artış düşük seviyededir.

uzay havası parametreleri arasındaki değişimler incelenmiştir. Bu amaçla seçilen indekslere ait verilerin korelasyon analizi öncesinde her bir veri setinin zamansal davranışı incelenmiş ve veriler eşleştirilmiştir. Literatürde benzer amaçlar ile farklı güneş çevrimleri için yapılmış çalışmalar yer almaktadır. Ahluwalia (2019) 1700-2018 yılları arasındaki güneş leke sayımları ile jeomanyetik bazı indeksler arasındaki değişimleri inceleyerek iklim değişikliği üzerine tartışmalar yapmıştır. Yazar 1932-2018 yıllarına ait güneş leke sayıları ve jeomanyetik gezegen A-indeksi (Ap) arasında çevrimden çevrime değişen ilişkiler belirlemiştir. Bizim çalışmamızda 25. Güneş çevrimi verileri üzerinden yapılan analizlerde de bu iki indeks arasında düşük seviyede de olsa bir korelasyon bulunmuştur. Richardson (2013) 24. Güneş leke çevriminin çıkış kolu için Gezegensel K-İndeksi (Kp) verilerini kullanarak jeomanyetik aktivite özelliklerini incelemiş ve önceki çevrimler ile karşılaştırmıştır. Rathore (2021) ise bozucu fırtına zamanı (Dst) verilerini kullanarak 24. Güneş leke çevrimi için güneş aktivitesi ile jeomanyetizma arasındaki ilişkiyi incelemiştir ve Jeomanyetik fırtınaların yıllık oluşumunun 24. Güneş çevrimini tam olarak takip etmediğini belirlemiştir. Samwel & Miteva (2023) 23. ve 24. Güneş çevrimleri için uzay havası parametreleri ile yoğun jeomanyetik fırtınalar için istatistiksel bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada bizim çalışmamızda da kullandığımız Pearson korelasyon ilişkileri kullanılmış ve Dst indeksi ile leke sayıları değişimi arasında bir ilişki olduğu ifade edilmiştir. Bu sonuç bizim çalışmamızda 25. Güneş çevrimi için belirlenen ilişki ile uyumludur. Literatürdeki çalışmalardan da görüldüğü üzere Güneş aktivitesi ve uzay havası ilişkisini araştırmak üzere yapılan çalışmalarda farklı araştırmacılar farklı verileri kullanmayı tercih etmektedir. Güneş dinamosu mekanizmasını hâlâ tam olarak anlamış değiliz Parker (2009). Bununla birlikte bu alanda çalışan bilim insanları gelecek güneş leke çevrimlerinin ne şekilde gerçekleşeceği üzerinde tahminler yapmayı önemsiyor ve bunun için yöntemler geliştirmeye çalışıyor. 25. Güneş leke çevrimi tamamlandığında tüm verilerin kullanılması ile yapılacak analizler ve önceki çevrimler ile karşılaştırılması bu alandaki bilgilerimizi iyileştirecektir. Bu alanda yapılan çalışmalara katkı sunma amacı ile yaptığımız bu çalışmada 25. Güneş çevrimine ait mevcut leke sayımları ile jeomanyetik indeks verileri arasında korelasyon olup olmadığı incelenmiştir. Çalışmanın ilk bulgularına göre uzay havası parametrelerinin genel davranışı, güneş leke sayısı ile temsil edilen güneş aktivitesine benzerlik göstermesine rağmen, bazı parametrelerde düşük ilişki düzeyleri belirlenmiştir. Bu durum, 25. Güneş çevrimi süresince uzay havasının diğer çevrimlere nazaran daha hafif olmasının beklenmesi olarak yorumlanmıştır.

Kaynaklar

- Ahluwalia H. S., 2019, *Advances in Space Research*, 64, 1093
 Carrington R. C., 1859, *MNRAS*, 20, 13
 Gleissberg W., 1971, *Sol. Phys.*, 21, 240
 Green S. B., Salkind N. J., Jones T. M., 1996, *Using SPSS for Windows; Analyzing and Understanding Data*, 1st edn. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, USA
 Hale G. E., Ellerman F., Nicholson S. B., Joy A. H., 1919, *ApJ*, 49, 153
 Hathaway D. H., 2010, *Living Reviews in Solar Physics*, 7, 1
 Malandraki O. E., Crosby N. B., 2018, in Malandraki O. E., Crosby N. B., eds, *Astrophysics and Space Science Library Vol. 444*, Solar Particle Radiation Storms Forecasting and Analysis. pp 1–26, doi:10.1007/978-3-319-60051-2_1
 Parker E. N., 2009, *Space Sci. Rev.*, 144, 15
 Rathore B. S., 2021, *Indian Journal of Radio & Space Physics*, 50, 142
 Reames D. V., 2004, *Advances in Space Research*, 34, 381
 Richardson I. G., 2013, *Journal of Space Weather and Space Climate*, 3, A08
 Samwel S., Miteva R., 2023, *Advances in Space Research*, 72, 3440
 Schad T. A., Penn M. J., 2010, *Sol. Phys.*, 262, 19
 Schuh H., ve diğ., 2021, *PASP*, 133, 104503
 Schwabe H., 1844, *Astronomische Nachrichten*, 21, 233
 Tapping K., 2013, in Chapman D. M. F., ed., , Royal Astronomical Society of Canada Observer's Handbook 2013. Royal Astronomical Society of Canada, p. 189
- Access:**
 M25-0338: *Turkish J.A&A — Vol.6, Issue 3.*