



24. Çevrim Güneş Parlamaları ile Koronal Kütle Atımları İlişkisi

Hasret ATASOY & Z. Funda BOSTANCI

İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

UAK
2022

ÖZET

Güneş parlaması, Güneş atmosferinde plazma ısınmasına bağlı olarak aktif bölgeler ile ilişkili manyetik alanlarda depolanan muazzam bir enerjinin aniden serbest kalması, Koronal Kütle Atımı (CME) ise atmosferik plazmanın gezegenler arası boşluğa püskürmesidir. Her iki olayında Güneş atmosferinde depolanan manyetik enerjiyi serbest bırakan aynı sürecin farklı tezahürleri olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle manyetik yeniden birleşmeye dayalı parlama modeli baz alınarak CME oluşumu parlamaların oluşumuna yakın zamanlarda meydana gelebileceği önerilmektedir. Bu çalışmada, 24. Güneş Leke Çevrimi boyunca (2008-2019), GOES (Yer Sabit Yörüngeli Hareket Çevre Uydusu) uydusuyla gözlenen Güneş parlamaları ile SOHO/LASCO dedektörüyle gözlenen CME'ler arasındaki ilişkiler istatistiksel incelenmiştir.

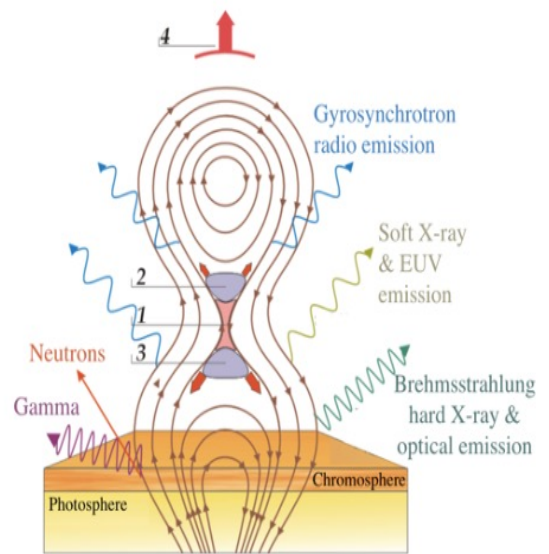
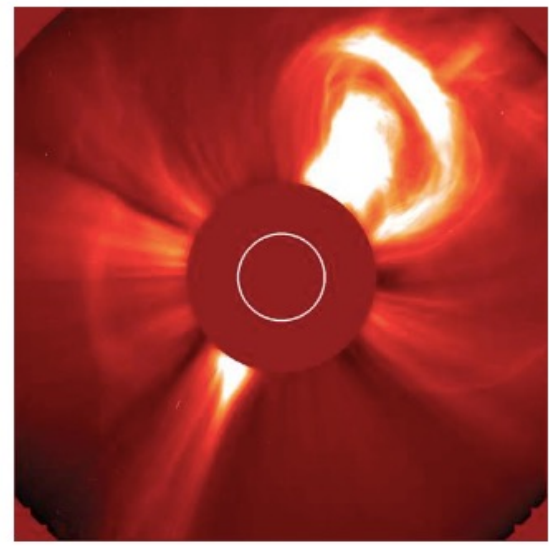
GİRİŞ

Koronal kütle atımları (CME), birkaç saat boyunca Güneş'ten atılan devasa gaz kitleleridir (Brueckner, 1974; Mac-Queen vd., 1974). Koronagraf görüntülerinde koronadan dışarı doğru genişleyen parlak yapı olarak görülürler. Bu yapıların yeryüzündeki manyetik bozunmaların ana kaynağı olduğu kabul edilir (Youssef vd., 2013).

CME'ler ve Güneş parlamaları, sıklıkla birlikte ortaya çıkar fakat aralarındaki ilişki bire bir değildir. CME'lere eşlik eden parlamalar, manyetik alanının yeniden birleşmesiyle modeliyile (Şekil1) açıklanan patlamalı parlamalar (eruptive flares) olarak bilinmektedirler (Gopalswamy vd., 2008).

OSO-7 uydusu ile keşfinden (Tousey,1973) günümüze dek birçok bilim insanı, Güneş lekeleri (Korsós ve Ruderman, 2016), filamentler (Jing vd., 2003; Alissandrakis vd., 2013; Mawad vd.,2015a), güneş parlamaları (Fomin vd., 2005; Mahrous vd., 2009; Aarnio vd., 2011) ve koronal delikler (Gopalswamy vd., 2009; Wood vd., 2012) ile CME'ler arasındaki ilişkiyi anlamak, CME'lerin varış zamanlarını ve Dünya üzerindeki etkilerini tahmin etmek (Rollett vd., 2016; Mawad vd., 2016; Korso & Ruderman, 2016; Xie vd., 2009; Gopalswamy & Xie, 2008) amacıyla CME'lerin kökenini incelemiştir.

Bu çalışmada 24. Güneş Çevrim sürecinde meydana gelen Güneş parlamalarına eşlik eden CME'ler tespit edilmiş ve parlama parametreleri (parlama sınıfları, süreleri ve akıları) ile CME parametreleri (genişlik, hız, ivme, kütle, kinetik enerjileri) arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.



Şekil 1: SOHO üzerindeki koronagraf ile gözlenen (sol) çok büyük bir koronal kütle atımı (SOHO/ESA/NASA) ve Bazilevskeya (2017) tarafından uyarlanmış Güneş parlama modelinin şeması (sağ). Yeniden birleşme bölgesi(1), parçacıkların ivmelendiği difüzyon bölgeleri(2)-(3) ve CME kaynağı(4).

MALZEME-YÖNTEM

SOHO (Güneş ve Heliosferik Gözlemevi) üzerindeki hassas koronagraflar sayesinde Güneş'ten 32 Güneş yarıçapına kadar doğrudan gözlem yapmaktadır. LASCO (Büyük Açık ve Spektrometrik Koronagraf) teleskopu ile CMEleri gözleyerek SOHO/LASCO CME katalogu adında büyük bir arşiv sunmaktadır.

Asıl görevi Dünya'nın sürekli meteorolojik gözlemlerini yapmak olan GOES (Yer Sabit Yörüngeli Hareket Çevre Uydusu) uydusu serilerinin aynı zamanda üzerine monte edilmiş XRS (Solar X-ray Sensor) dedektörü ile 0.5-4 Å ve 1-8 Å dalgaboyu aralıklarında kesintisiz olarak Güneş'in X-ışın akılarını ölçerek parlama verilerini arşivlenmektedir. Ayrıca GOES uydusu tarafından parlamalar 1-8 Å dalgaboyu aralığında ölçülen maksimum akılarına göre A, B, C, M veya X olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca her kategorinin akı değerine göre sınıflandırılmış dokuz alt grubu (örn. M1-9) da bulunur. Mesela: M6 = 6 X 10⁻⁵ W/m²'dir (Fletcher vd., 2011).

24. Güneş Çevrimi (11 Aralık 2008 – 08 Temmuz 2019) süresince gözlenen CME'ler ile Güneş parlamaları arasındaki ilişkiyi araştırmak için SOHO/LASCO CME (15.057) ve GOES/XRS parlama (15.975) katalog verilerini kullandık (Şekil2).

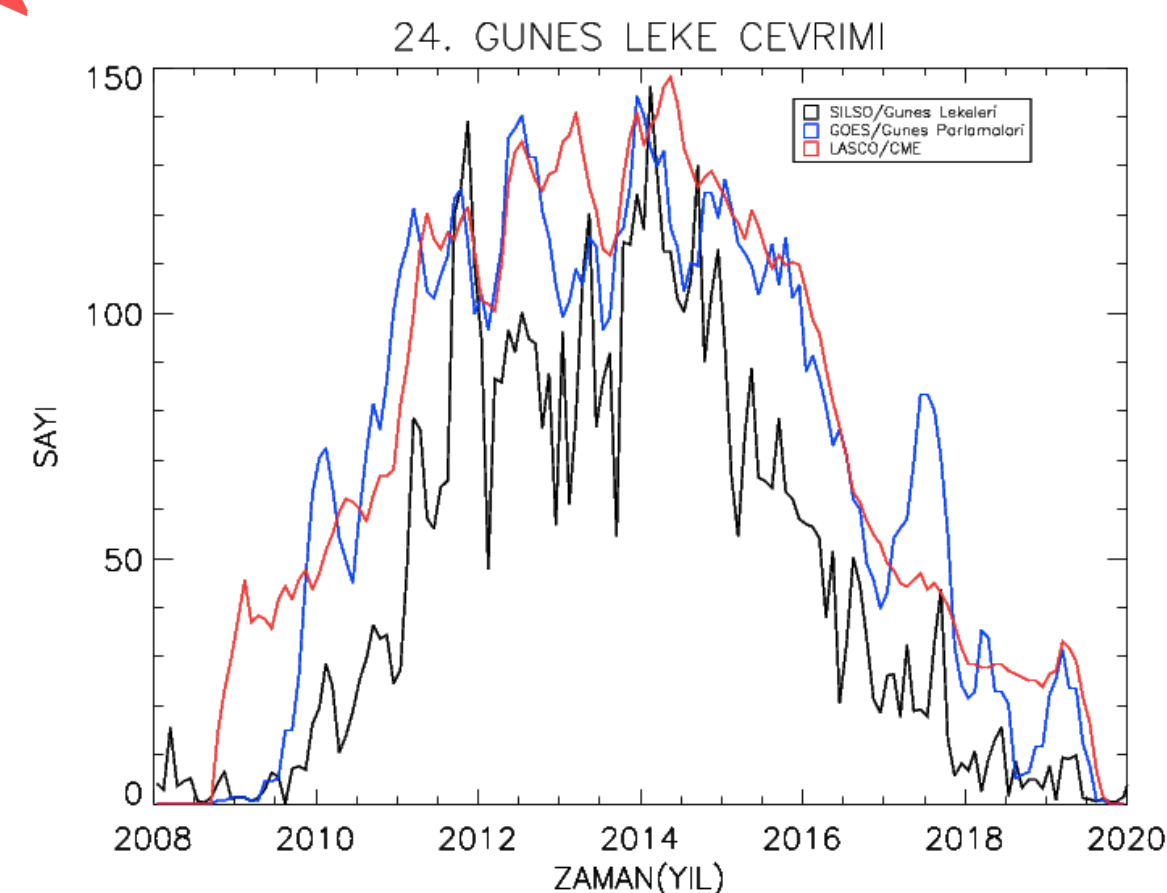
CME'nin başlangıç zamanı kesin olarak bilinmediği için CME katalogunda verilen CME zamanları SOHO/LASCO uydusunun kaydettiği zamanlardır. CME-Parlama tespit zamanı aralığı belirlenmesinde ve CME-Parlama parametre dağılımlarında kullanılmak üzere eşleşme için iki seçim kriteri uygulanmıştır.

1.Kriter (CME Tespiti), Aarnio vd. (2011) çalışmasında CME etkisinin bir parlama da ± 75 dk olabileceği rapor edilmiştir. Bu çalışmada GOES başlangıç zamanına iki saat eklenerek CME tespiti için bir bitiş zamanı tanımlanarak eşleştirme yapılmıştır. Sonuçta 4261 parlama CME ile eşleşmiştir.

2.Kriter (Parametre Dağılımları), aynı aktif bölgede oluşmuş fakat bir parlamanın birden fazla CME veya tersi durumlarda hangisine ait olacağını belirlemek mümkün değildir. Bu sebeple GOES parlama katalog bitiş zamanı ile başlangıç zamanı arasındaki fark LASCO katalogu CME zamanı ile GOES katalog başlangıç zamanı arasındaki farkın iki katından az olmalıdır böylelikle aynı aktif bölgede oluşan tutarsız CME'ler elenmiştir. Bu kriterler sonrasında 24. Çevrim süresince Parlamalı CME sayısı 1577 olarak bulunmuştur.

TARTIŞMA & SONUÇ

24. ÇEVİRİM LEKE, PARLAMA VE CME



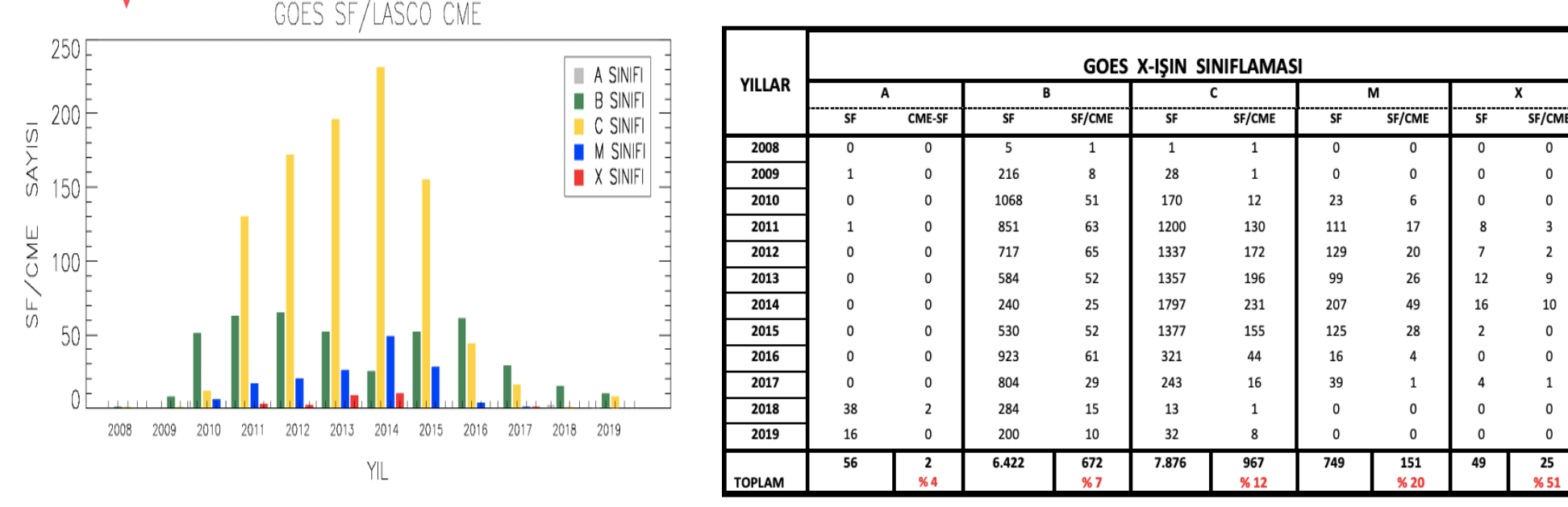
Şekil 1: 24.Güneş Çevrimine ait SILSO Güneş Lekeleri, GOES Güneş Parlamaları ve LASCO CME'lerin pürüzsüzleştirilmiş aylık ortalama verilerinin yıllara göre dağılımı.

Aktiviteye bağlı olarak aylık ortalamaların birbirleriyle ilişkili olaylar arasındaki korelasyon sonuçları CME-PARLAMA 0.80, LEKE-PARLAMA:0.80 ,LEKE-CME: 0.81 olarak bulunmuştur.

Hussein (2019) çalışmasında pürüzsüzleştirilmiş veriler üzerinden 24.Çevrim CME-LEKE ilişkisinin korelasyon sonucunu 0.98 olarak bulmuştur.

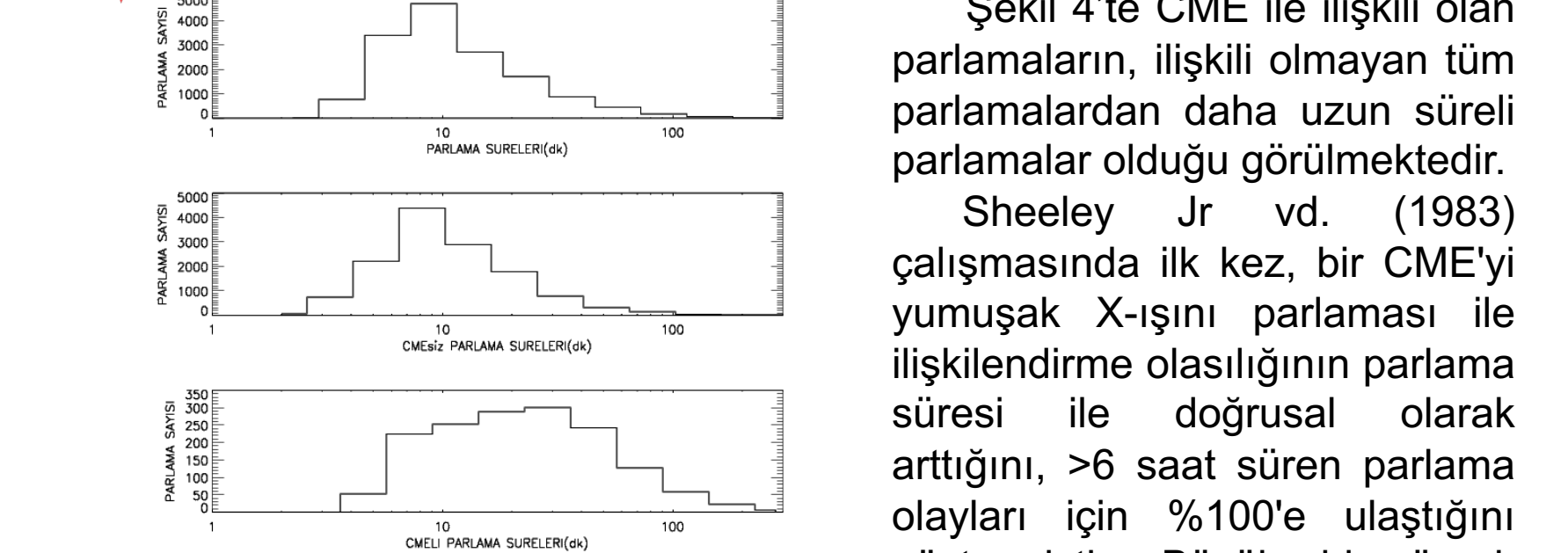
Veriler pürüzsüzleştirilerek korelasyon sonuçlarına bakıldığında CME-PARLAMA:0.97, LEKE-PARLAMA :0.94 ,LEKE-CME:0.98 sonuçlarımız Hussein (2019) ile uyum göstermektedir.

CME'li Parlamalar & Parlama Sınıfları



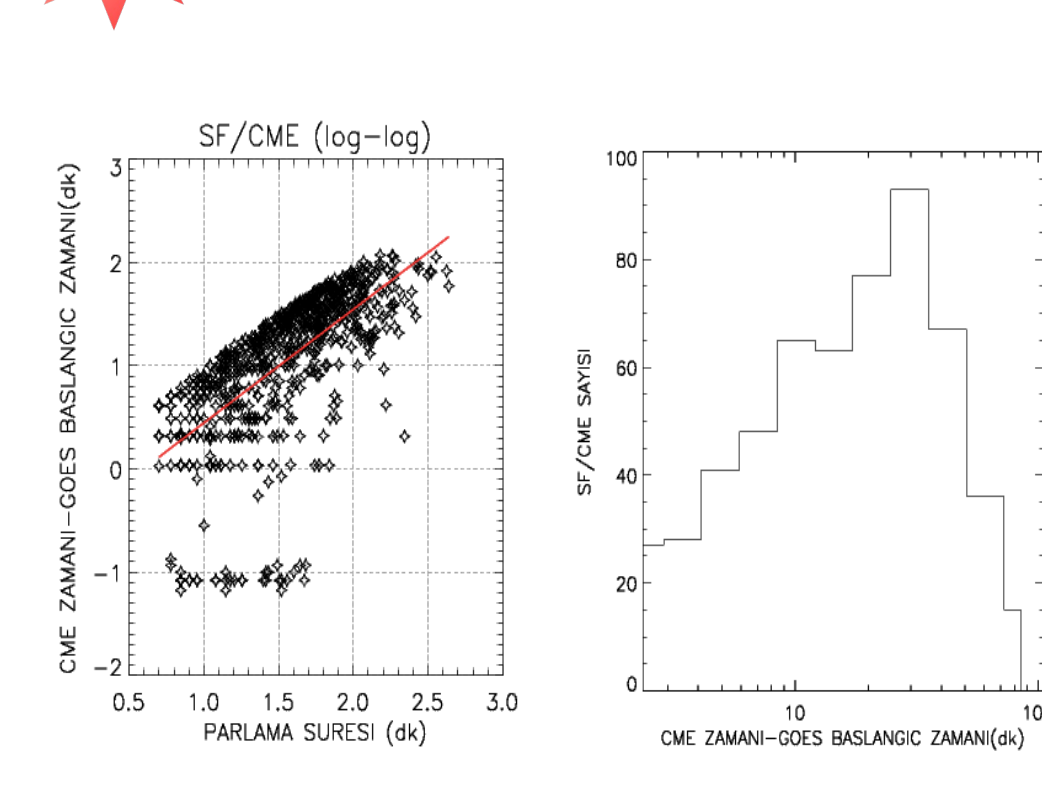
Şekil 3: CMEli parlamaların GOES parlama sınıflarına ve yıllara göre histogramı (sol) ve tablosu (sağ).

GOES PARLAMA SÜRESİ (CME'li & CME'siz)



Şekil 4: Parlama süreleri dağılımları. Üst: Tüm Parlamalar, orta: CME'siz Parlamalar ve alt: CME'li Parlamalar

CME'li Parlamalar & CME/Parlama Süresi



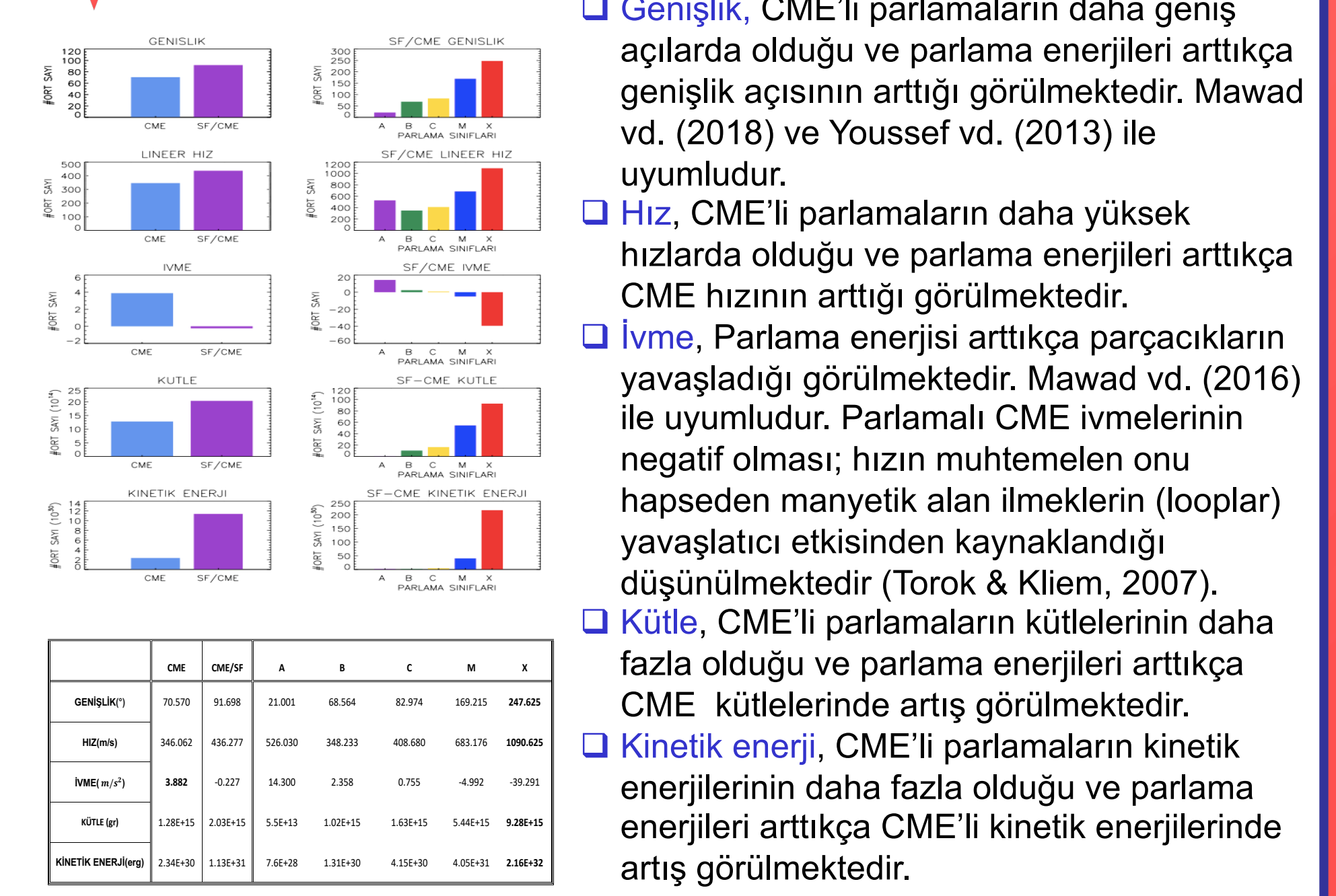
Şekil 5: CME zamanı ile Güneş parlamasının başlangıç zamanının farkının log normal dağılımı(sağ) ve parlama süresiyle ilişkisi (sol).

Çalışmamızdaki CME ile ilişkili parlamaların çevrim boyunca GOES parlamaları Yumuşak X-ışınlarında tespit edilen parlamalarda 20 dakika olabileceğini ve $Aralık=1.10(Süre)-0.65$ denklemiyle uyumlu olabileceğini önermekteyiz.

Mawad vd. (2021)'nin GBM parlamaları (Sert X-ışın) ile CME ilişkisi araştırdıkları çalışmasında, CME-parlama zamanının ortalaması 16.5 dk ve korelasyon katsayısını 0.78 olarak buldular.

LASCO/CME katalogu CME tespit zamanı ile ilişkili Güneş parlamasının başlangıç zamanı arasındaki farkın log normal dağılımı temsil eden ortalama değeri 20 dk, parlama süreleriyle fark arasındaki korelasyon katsayısını 0.77 olduğunu elde ettik.

CME & CME'li Parlamalar/Parlama Sınıfları



ŞEKİL 6: CME, Parlamalı CME ve Parlamalı CME'lerin parlama sınıflarına göre CME parametrelerinin ortalama değer histogramları(üst), ortalama değer sonuç tablosu(alt)

- Genişlik**, CME'li parlamaların daha geniş açılarda olduğu ve parlama enerjileri arttıkça genişlik açısının arttığı görülmektedir. Mawad vd. (2018) ve Youssef vd. (2013) ile uyumludur.
- Hız**, CME'li parlamaların daha yüksek hızlarda olduğu ve parlama enerjileri arttıkça CME hızının arttığı görülmektedir.
- İvme**, Parlama enerjisi arttıkça parçacıkların yavaşladığı görülmektedir. Mawad vd. (2016) ile uyumludur. Parlamalı CME ivmelerinin negatif olması; hızın muhtemelen onu hapseden manyetik alan imleklerin (looplar) yavaşlatıcı etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Torok & Kliem, 2007).
- Kütle**, CME'li parlamaların kütlelerinin daha fazla olduğu ve parlama enerjileri arttıkça CME kütlelerinde artış görülmektedir.
- Kinetik enerji**, CME'li parlamaların kinetik enerjilerinin daha fazla olduğu ve parlama enerjileri arttıkça CME'li kinetik enerjilerinde artış görülmektedir.

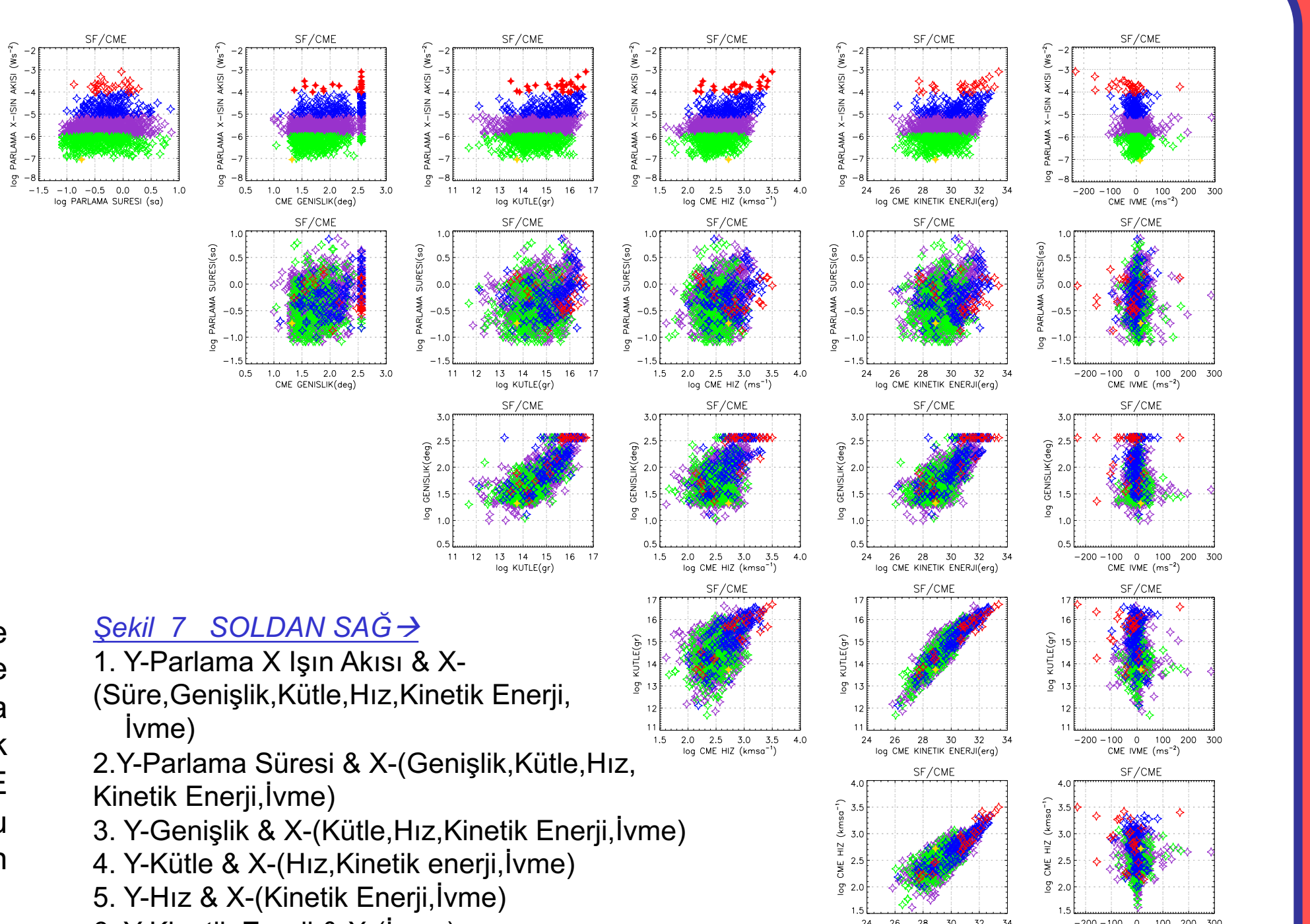
CME'li Parlama & CME Parametre İlişkisi

Parametre	SÜRE(sa)		KE(erg)		İVME(m/s ²)		KÜTLE(gr)		HIZ(km/s)		GENİŞLİK(°)	
	p	P	p	P	p	P	p	P	p	P	p	P
AKI(W/m ²)	0.01	0.002	0.07	0.018	-0.09	0.001	0.07	0.011	0.25	1.1e-19	0.28	2.5e-23
SÜRE(sa)			0.21	1.1e-13	-0.05	0.07	0.21	4.4e-14	0.16	5e-09	0.22	1.1e-14
KE(erg)	0.21	1.1e-13			-0.15	1.0e-07	0.91	1.01e-07	0.79	1.03e-07	0.70	1.3e-07
İVME(m/s ²)	0.05	0.0075	-0.15	1.0e-07			-0.08	0.006	-0.2	4.3e-13	-0.12	1.37e-05
KÜTLE(gr)	0.21	4.4e-14	0.91	1.01e-07	-0.08	0.006			0.50	1.5e-07	0.75	1.7e-06
HIZ(km/s)	0.20	5e-09	0.79	1.03e-07	-0.20	4.3e-13	0.50	1.5e-07			0.48	1.2e-07
GENİŞLİK(°)	0.22	1.1e-14	0.70	1.3e-07	-0.12	1.4e-05	0.75	1.7e-06	0.48	1.2e-07		

Tablo1: Şekil 7'deki ikili parametrelerinden hesaplanan korelasyon sonuçları (p:Korelasyon katsayısı ve P: Şans olma olasılığı). Kalın değerler belirgin korelasyonları göstermektedir.

İkili parametre arasındaki belirgin korelasyonlar, $P < 10^{-4}$ şans olma olasılığı gözönünde bulundurularak; Kütle & Kinetik enerji, Hız & Kinetik enerji , Genişlik & Kinetik enerji ve Kütle & Genişlik, Genişlik & Kinetik enerji ve Kütle & Hız parametre çiftleri arasında görülmüştür. 24. Çevrime ait parametre sonuçlarında tüm dağılımları gözlemlemek amacıyla herhangi bir kısıtlamaya gidilmemiştir. Tüm değerler Parlama ile ilişkili CME parametreleri, tüm LASCO/CME parametreleri ve GOES/Parlama değerleridir. Bu sebeple aralarında korelasyon bulunamayan bazı parametre çiftleri grafiklerden görülebilir (Şekil 6 ve Şekil 7).

Örneğin; Akı ve genişlik $\rho = 0.28$ olmasına rağmen Şekil 6'da parlamaların akısı arttıkça (yeşilden(B)-kırmızıya(X), Şekil 7) CME genişliği artmaktadır artışın saptırın X eksenindeki 360 derecedeki HALO CME'lerdir (Halo CME: 325). Compagnino vd. (2017), Mawad vd. (2018) çalışmaları ile sonuç uyumludur.



Şekil 7: CMEli parlamaların CME parametreleri ile Parlama X-ışın akısı, süresi ve sınıfları A(sarı), B(yesil), C(mor), M(mavi), X(kırmızı) arasındaki ilişkiler gösterilmektedir(log-log). Korelasyonlar Tablo 1'de sunulmuştur.

Güneş parlamaları ve ilişkili CMEler, Dünya atmosferi üzerinde derin etkileri olabilen Uzay havasının ayrılmaz bir parçasıdır. Güçlü CME'ler ve parlamalar tarafından yayılan yüklü parçacıklar ve X-ışını akıları uydulara zarar verebilir, radio ve GPS sinyallerini bozabilir ve elektrik şebekelerini zorlayabilir. Güneş parlaması akısının CME'lerin büyüklüğünü ve oluşumunu nasıl etkilediğini anlamak, bunlardan kaynaklanabilecek olumsuz etkileri en aza indirmek ve önlemek için çok önemlidir.

Bu amaçla büyük bir örnek üzerinden 24. Güneş Çevrimi süresince belirli seçim kriterleri doğrultusunda 1577 (CMElerin %10.5, Parlamaların %9.9) parlamaların CME'li parlama olduğunu tespit ettik. Bu oran Mawad vd. (2021) çalışmasında CME ile ilişkili sert X-ışınlarında gözlenen GBM parlaması 492 (%9.6) ile tutarı fakat önceki çalışmalarda karşılaştırıldığında nispeten düşük görülmüştür (Youssef vd., 2013; Mahrous vd.,2009; Munro vd., 1979; St. Cyr vd., 1991; Aarnio vd., 2011) Bu oranın düşük olması parlama ve CME olaylarının seçim kriterlerinden kaynaklanmaktadır.

Parlamalı CME'leri parlama sınıflarına bulunma istatistikleri tablosuna baktığımızda (Şekil 3:Sağ) 24. Çevrim yıllara göre GOES 1-8 Å'da gözlenen parlamalar arasında X(%51),M(%20),C(%12),B(%7),A(%4) oranlarında gözlenmiştir. X-ışını akısı ile CME'ler arasında güçlü bir ilişki olduğu (Nitta ve Akiyama, 1999) ve tespit edilen CME'lerle ilişkili parlamalardan gelen X-ışınları muhtemelen yoğun maddeler olan CME çekirdeklerine karşılık gelebileceği söylenebilir (ayrıca bkz. Rust ve Webb, 1977). Yashiro vd., 2005 çalışmasında daha düşük istatistik ile önceki sonuçları doğrulayan X-ışını parlamaları ile LASCO/CME ilişkilerinde oranının, max. X-ışını akısı ile doğrusal olarak arttığını bulmuşlardır. Parlamaların enerjisi arttıkça parlamaların CME ile ilişkili olma olasılığı artar sonucuna varıyorduz.

Çalışmada Şekil 6 ve 7'de görülebileceği gibi CME içeren parlamaların genel dağılımı ve parametre karşılaştırılmalarına bakılmış olup sonuçlar 23. çevrim ve önceki CME-parlama çalışmaları ile uyumludur (Compagnino vd., 2017, Mawad vd., 2018, Yashiro & Gopalswamy 2009, Sheeley vd., 1983; Kahler, 1992; Youssef vd., 2013; Torok & Kliem, 2007). Bu sebeple ileriki çalışmalarda amaçlar doğrultusunda CME parametrelerine çeşitli kısıtlamalar getirilerek farklı formlarda ilişkilerin uyumu bakılabilir (yüksek hızlı CMEler >1500 km/s araştırılması, halo CME'ler genişlik açısı 360 derece civarındakiler vb.) Ayrıca CME'li parlamaların parlama süreleriyle ilişkili olması, daha uzun süreli ve yüksek X-ışın akılarında görülen parlamaların zamansal ve spektral analizleri yapılırken CME'lerden etki olup olmadığı gözardı edilmemesi gereken bir durumdur.

REFERANSLAR

[1] Aarnio vd., 2011, Solar Physics 268, 199-212.
[2] Alissandrakis vd., 2013, Astronomical Society of the Pacific, 65, 58 No-Sp1.
[3] Brueckner, 1974, IAU Symposium, 57.
[4] Compagnino vd., 2017, Solar Physics 292, 5.
[5] Fletcher vd., 2013, Space Science Reviews, 159, 39.
[6] Gomin vd., 2005, 36TH ESA&B Symposium on Trends in Space Science and Cosmic Vision 2020, pp. 381.
[7] Gopalswamy vd., 2008, Journal of Geophysics, 26(1), pp 933-3047.
[8] Gopalswamy & Xie, 2008, Journal of Geophysics 113(A5), Citid AB2105.
[9] Gopalswamy vd., 2009, J. Journal of Geophysics 114(A3), Citid A00424.
[10] Hussein, 2019, Ined Journal of Science, 6(03), 3860-3867.
[11] Jing vd., 2003, American Astronomical Society, SPD, vol. 35, p. 815.
[12] Korso & Ruderman, 2016, ASP Conference Series, Vol. 504, San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, pp. 43.
[13] Mac-Queen vd., 1974, Astrophysical Journal Letter, 187, 185, 1974.
[14] Mahrous vd., 2009, Advances in Space Research, 43 (7), 1032-1035.
[15] Mawad vd., 2015a, Advances in Space Research 55 (2), 688-695.
[16] Mawad vd., 2016, World Scientific, pp. 99-108.
[17] Mawad vd., 2021, New Astronomy, 82, 103450.
[18] Mawad vd., 2020, New Astronomy, 74, 101285.
[19] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[20] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[21] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[22] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[23] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[24] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[25] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[26] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[27] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[28] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[29] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[30] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[31] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[32] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[33] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[34] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.
[35] Mawad vd., 2016, World Scientific International Conference Proceedings of the Fifth MATH-014, 994-99-108.