

V1130 Cyg ve V461 Lyr Örtün Çift Sistemlerinin Sergilediği Aktivitenin Doğası

Ezgi Yoldaş¹  , Hasan Ali Dal¹ 

^{1,2} Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye.

Accepted: December 11, 2022. Revised: December 4, 2022. Received: October 20, 2022.

Özet

Bu çalışmada, “The Challenges of Modelling the Activities Occurring on Eclipsing Binaries V1130 Cyg and V461 Lyr” başlıklı “Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica Vol. 57, pp. 335-349 (2021)” künyeli makalemizin geniş Türkçe özeti sunulacaktır ve hedef sistemlerin Kepler Uydusu ile elde edilen verilerinin analiz sonuçlarını içermektedir. $(O-C)_{II}$ artıklarının incelenmesiyle özellikle V461 Lyr’in sergilediği kromosferik aktivite etkisinin oldukça baskın olduğu görülmüştür. V1130 Cyg için 94 flare, V461 Lyr için 255 flare tespit edilmiştir. Flareler OPEA modeli olarak tanımlanan modelleme yöntemi ile kromosferik aktivitenin doyuma seviyesi belirlenmiş ve istatistiksel yöntemler, literatürden farklı olarak V1130 Cyg flarelerinin iki, V461 Lyr flarelerinin ise üç farklı OPEA modeli ile modellenmesi gerektiğini göstermiştir. Ayrıca, V1130 Cyg göç dönemi 0.34 yıl olan tek lekeye, V461 Lyr dört lekeye sahiptir. V461 Lyr sisteminin bileşenlerinin iki lekesi aynı bileşen üzerinde olacak şekilde göç dönemleri 11.58 yıl ve 10.59 yıl, diğer bileşen üzerindeki 11.81 yıl ve 12.84 yıl olarak bulunmuştur.

Abstract

In this study, an extensive Turkish summary of our article titled “The Challenges of Modeling the Activities Occurring on Eclipsing Binaries V1130 Cyg and V461 Lyr” with the tag “Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica Vol. 57, pp. 335-349 (2021)” will be presented and It contains the analysis results of the data of the target systems obtained with the Kepler Satellite. By examining the $(O-C)_{II}$ residues, it was seen that the chromospheric activity effect, especially that exhibited by V461 Lyr, was quite dominant. 94 flares were detected for V1130 Cyg and 255 flares for V461 Lyr. The saturation level of chromospheric activity was determined with the modeling method defined as the flares OPEA model, and statistical methods showed that, unlike the literature, V1130 Cyg flares should be modeled with two different OPEA models and V461 Lyr flares should be modeled with three different OPEA models. Additionally, V1130 Cyg has a single spot with a migration period of 0.34 years, while V461 Lyr has four spots. The migration periods of the components of the V461 Lyr system were found to be 11.58 years and 10.59 years, with two spots on the same component, and 11.81 years and 12.84 years on the other component.

Anahtar Kelimeler: techniques: photometric - methods: data analysis - methods: statistical - binaries: eclipsing - stars: low-mass - stars: flare - stars: individual (V461 Lyr) - stars: individual (V1130 Cyg)

1 Giriş

Flare aktivitesi ilk kez Carrington (1859) ve Hodgson (1859) tarafından Güneş üzerinde tespit edilmiştir. Güneş dışındaki yıldızlarda flare olayının ilk görüldüğü bilinen yıldız WX UMA’dır (van Maanen 1940). Flare yıldızları, UV Ceti türü yıldızlar olarak adlandırılır ve bu tür yıldızlar anakola yeni gelen genç yıldızlardır. Açık yıldız kümeleri ve oymaklarda bulunan kırmızı cücelerin çok büyük kısmı flare aktivitesi göstermektedir (Mirzoian 1990; Pigatto 1990). Genç kümelerin yaşı ilerledikçe küme üyesi olan UV Ceti yıldızlarının sayısında azalmalar görülür. Bu durum Skumanich yasasının beklenen bir sonucudur (Skumanich 1972; Marcy & Chen 1992; Pettersen 1991; Stauffer 1991). Yüksek dönme hızı sonucu aktivite düzeyi artar ve flare aktivitesi ile büyük kütle kayıpları gerçekleşir. Yapılan incelemeler Güneş’in kütle kaybının yılda yaklaşık olarak $2 \times 10^{-14} M_{\odot}$ olduğunu göstermektedir (Gershberg 2005). UV

Ceti türü yıldızlarda bu değer, flare etkisi ile birlikte yılda ortalama $10^{-10} M_{\odot}$ düzeyine ulaşmaktadır. Bu yüksek kütle kayıp oranı bu tür yıldızların toplam açısal momentumlarının çok büyük bir kısmını anakol ömürlerinde kaybettiklerini açıklamaktadır (Marcy & Chen 1992). Bununla birlikte dMe yıldızlarındaki yüksek kütle kaybı ile sonuçlanan manyetik alan kökenli flare aktivitesi tam olarak açıklanamamış değildir.

Güneş ile dMe yıldızlarının sergiledikleri flarelerin sahip oldukları enerjileri karşılaştırıldığında flare düzeyleri arasında ciddi farklılıklar olduğu görülmektedir. Güneş’te ortaya çıkan en yüksek enerjili flareler olan “çift kurdela” flarelerinde ortaya çıkan enerji 10^{30} – 10^{32} erg düzeyindedir (Gershberg 2005; Benz 2008; Emslie ve diğ. 2012). Kromosferik aktif çiftler olan RS CVn yıldızlarında ortaya çıkan flarelere bakıldığında bu düzeyin 10^{31} erg olduğu görülür (Haisch ve diğ. 1991) ancak bir RS Cvn türü yıldız olarak bilinen II Peg için flare enerjilerinin 1 – 180×10^{33} erg aralığında değiştiği bulunmuştur. Öte yandan, uzun yıllardır yapılan gözlemlerde dMe yıldızlarında ortaya çıkan flarelerin enerji düzeylerinin 10^{28} erg’den 10^{34}

* ezgiyoldas@gmail.com

erg'e kadar yükseldiği görülmektedir (Gershberg 2005). Plaides kümesi ve Orion oymağındaki flare yıldızları gözününe alınırsa bu değerlerin 10^{36} erg'e ulaştığı görülmektedir (Gershberg & Shakhovskaia 1983). Buna rağmen dMe yıldızlarında görülen flare olayları, Güneş flare süreçleri ile açıklamaya çalışılmaktadır. Farklı yıldızlardaki flareler iyi incelenip, ortaya çıkan benzerlik ve farklılıkların analiz edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında da V1130 Cyg (KIC 4660977) ve V461 Lyr (KIC 6205460) örtün çift sistemlerinin flare ve leke aktivitesini inceleyerek flare parametrelerini, bu parametreler yardımıyla da OPEA modelini ve flare dışında kalan sinüzoidal değişimden leke göç hareketi incelenmektedir.

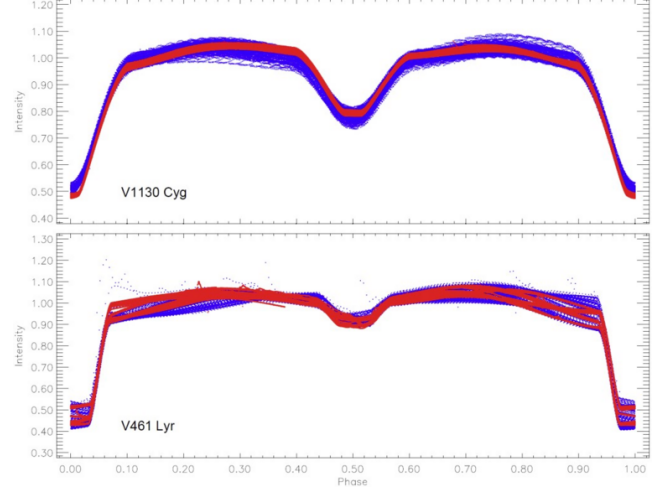
V1130 Cyg: Bu sistem ilk defa Miller (1966) tarafından değişen olarak literatürde listelenmiştir. Sistemin B, V, R, J, H, ve K bandlarındaki parlaklıkları NOMAD kataloğunda sırasıyla 12^m900 , 12^m560 , 11^m730 , 11^m124 , 10^m764 , 10^m657 olarak verilmektedir (Zacharias ve diğ. 2005). Sistemin dönemi 0.5625613 gün, bileşenlerinin tayf türü F7+ K0IV (Svechnikov & Kuznetsova 1990) ve sıcaklıkları $T_1=5587$ K, $T_2=6621$ K (Armstrong ve diğ. 2014) şeklinde verilmektedir. Mathur ve diğ. (2017)'un çalışmasında sistemin baş bileşeninin sıcaklığı $T_{\text{etkin}}=5674$ K, $\log g=3.942$ cm s $^{-2}$, yarıçapı $1.754 R_{\odot}$, kütleleri $0.984 M_{\odot}$ ve uzaklığı 512.130 kpc olarak hesaplanmıştır.

V461 Lyr: Bonnie Buratti tarafından 1973'te keşfedilen sistem, Dexter (1974) tarafından değişen olarak listelenmiştir. Sistemin B, V, R, J, H, ve K bandlarındaki parlaklıkları NOMAD kataloğunda sırasıyla 13^m290 , 13^m190 , 12^m450 , 10^m952 , 10^m392 , 10^m267 olarak verilmektedir (Zacharias ve diğ. 2005). Sistemin dönemi 3.722831 gün (Watson ve diğ. 2006) iken, Mathur ve diğ. (2017) tarafından yapılan çalışmada baş bileşen için; tayf türü G9 (Qian ve diğ. 2018) ve sıcaklığı $T_{\text{etkin}}=5425$ K, $\log g=3.678$ cm s $^{-2}$, yarıçapı $2.592 R_{\odot}$, kütleleri $1.166 M_{\odot}$ ve uzaklığı 656.895 kpc olarak hesaplanmıştır.

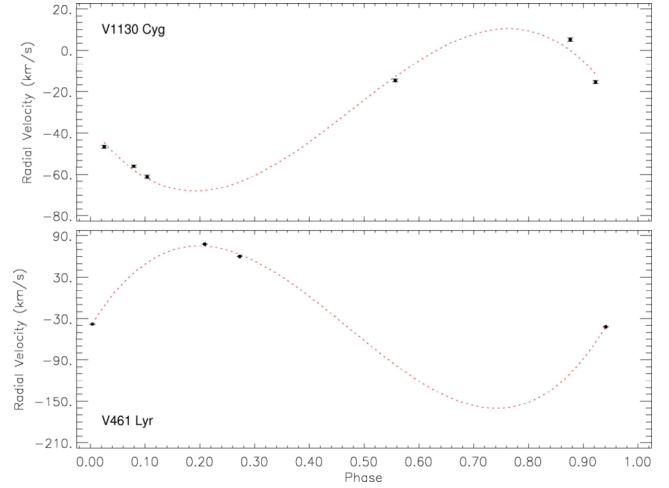
2 Data ve Analizler

Bu çalışma kapsamında araştırılan yıldızlara ait gözlem verileri de Kepler Veri Tabanı'ndan (Slawson ve diğ. 2011; Matijević ve diğ. 2012) alınmış olup, Şekil 1'de görüldüğü üzere detrended formatındaki, long cadence (LC veri) ve short cadence (SC veri) veriler kullanılmıştır. Ayrıca her iki sistem için Sloan Digital Sky Surveys (SDSS) arşivinden (Majewski ve diğ. 2017) birkaç tayf alınmıştır. Her iki hedef de Sloan 2,5 m Teleskobu (Gunn ve diğ. 2006) kullanılarak Apache Point Gözlemevi'nde (APO) gözlemlendi. V1130 Cyg için altı, V461 Lyr için dört tayf alınmıştır. Veriler, SDSS IV APOGEE 2 Data Release 16 (DR16) (Ahumada ve diğ. 2019) veritabanında bulunmaktadır. Mevcut taysal veriler, yörünge dönemleri dikkate alınarak dikine hız eğrisi genliğini hesaplamak için yeterli evreleri kapsamasa da, Şekil 2'den de görüldüğü gibi her iki hedefin de çift yıldız olması gerektiğini göstermektedir. Bu tahminlere göre, V1130 Cyg için dikine hızın yarı genliği (K_1) yaklaşık 39.19 km s $^{-1}$, V461 Lyr için yaklaşık 117.79 km s $^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Farklı tayf türünden yıldızların flare aktivite düzeylerini karşılaştırmak amacıyla yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Gershberg (1972) tarafından bir yıldızın flare enerji karakterini ortaya koyan, o yıldızda elde edilen flarelerin farklı enerji limitleri için ayrı ayrı hesaplanan kümülatif flare frekans dağılımı tanımlanmıştır. Dal & Evren (2010, 2011) tarafından yapılan çalışmalarda, flare parametrelerinin birbirleriyle ilişkileri incelenmiş, flare eşdeğer süresinin flare toplam süresine göre belirli bir kural çerçevesinde değiştiği gösterilmiştir. Yapılan



Şekil 1. V1130 Cyg (üst panel) ve V461 Lyr (alt panel) sistemlerine ait ışık eğrileri. İçi dolu mavi noktalar LC formattaki, içi dolu kırmızı noktalar ise formattaki verileri temsil etmektedir.



Şekil 2. V1130 Cyg (üst panel) ve V461 Lyr (alt panel) için tahmini dikine hız eğrileri. İçi dolu noktalar tayf gözlemlerini, kırmızı renkli kesik çizgiler ise dikine hız eğrilerini temsil etmektedir.

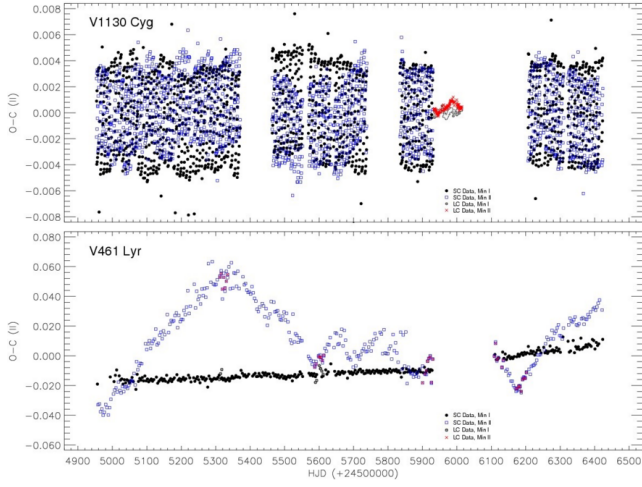
modelleme OPEA modeli olarak adlandırılmış ve yıldızların flare aktivite düzeyleri bu yöntemle tespit edilmiştir.

2.1 Dönem Değişimi

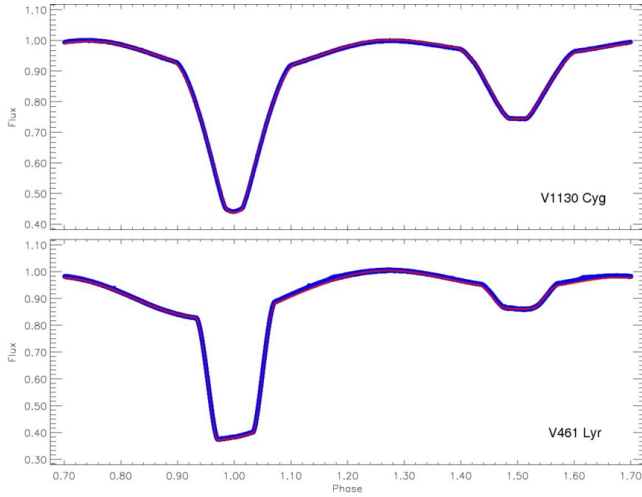
Gözlenen minimum zamanları ile hesaplanan minimum zamanları arasındaki farklar olan $(O-C)_1$ hesaplanmıştır. V1130 Cyg sistemi için LC veriden 3249 ve SC veriden 220 adet minimum elde edilmiştir. V461 Lyr sistemi için LC veriden 716, SC veriden 75 adet minimum elde edilmiştir. Elde edilen $(O-C)_1$ farkları, manyetik aktivite dolayısıyla çok büyük sapmaya sahiptir. Her iki sistemden elde edilen bu saptamalar Eşitlik (1) ve Eşitlik (2) ile verilen lineer düzeltmeler yapılmıştır:

$$JD(HeL.) = 24\ 54954.051501(1) + 0^d562560(1) \times E \quad (1)$$

$$JD(HeL.) = 24\ 54956.482260(6) + 3^d722791(3) \times E \quad (2)$$



Şekil 3. V1130 Cyg ve V461 Lyr sistemleri için lineer düzeltmelerle elde edilen $(O - C)_{II}$ artıklarının değişimleri.



Şekil 4. V1130 Cyg (üst panel) ve V461 Lyr (alt panel) sistemlerinin 0.05 evre aralığı ile ortalama alınarak elde edilen ve ışık eğrisi analizinde kullanılan ışık eğrileri gösterilmektedir. Mavi noktalar gözlem noktalarını, kırmızı eğriler ise ışık eğrisi çözümüyle modellenen temsil eğrileridir.

Lineer düzeltme sonrasında elde edilen $(O - C)_{II}$ artıklarının zamana göre değişiminde ilginç bir değişim görülmüştür. [Tran ve diğ. \(2013\)](#) ve [Balaji ve diğ. \(2015\)](#) tarafından, diğer kromosferik aktif örten çift sistemler için bulunana benzeyen değişim [Şekil 3](#)'te gösterilmektedir.

2.2 Işık Eğrisi Analizi

Işık eğrisi analizleri, PHOEBE V.0.32 yazılımı ([Prša & Zwitter 2005](#)) ile yapılmıştır. PHOEBE V.0.32 yazılımı, Wilson-Devinney kodunun 2003 versiyonunda ([Wilson & Devinney 1971](#); [Wilson 1990](#)) kullanılan yöntemle dayanmaktadır. Işık eğrisi analizleri her üç modda da denenmiş ancak Mod 2 (ayrık sistem)'de sistemlere uygun çözümler elde edilebilmiştir.

Işık eğrisi çözümünde, tutulmalar dışında kalan sinüzoidal değişim başbileşen üzerinde iki soğuk leke ile temsil edilmiştir.

Çizelge 1. V1130 Cyg ve V461 Lyr sistemlerinin ışık eğrisi analizi ile elde edilen çözüm parametreleri.

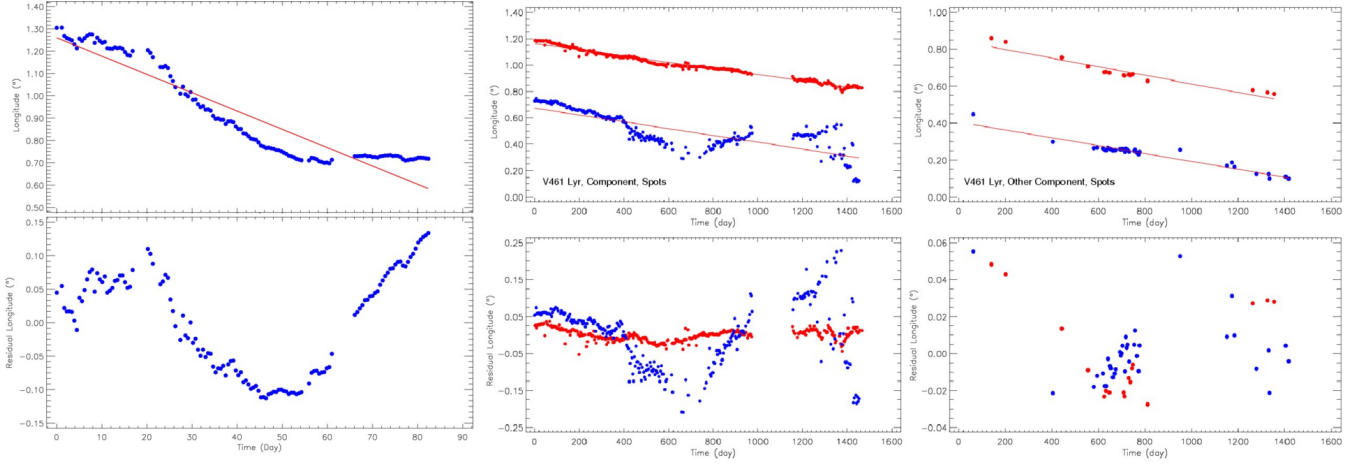
Parametreler	V1130 Cyg	V461 Lyr
q	0.685 ± 0.001	0.999 ± 0.001
i°	90.00 ± 0.01	89.58 ± 0.01
T_1 (K)	6530 (sabit)	5774 (sabit)
T_2 (K)	3891 ± 50	4206 ± 50
Ω_1	0.357 ± 0.003	0.970 ± 0.003
Ω_2	0.376 ± 0.003	0.428 ± 0.003
L_1/L_T	0.811 ± 0.002	0.455 ± 0.002
L_2/L_T	0.188 ± 0.002	0.546 ± 0.002
g_1, g_2	0.32, 0.32 (sabit)	0.32, 0.32 (sabit)
A_1, A_2	0.50, 0.50 (sabit)	0.50, 0.50 (sabit)
$x_{1,bol}, x_{2,bol}$	0.64, 0.70 (sabit)	0.64, 0.664 (sabit)
x_1, x_2	0.616, 0.616 (sabit)	0.758, 0.751 (sabit)
$\langle r_1 \rangle$	0.3628 ± 0.0012	0.1551 ± 0.0002
$\langle r_2 \rangle$	0.2708 ± 0.0021	0.3171 ± 0.0014
Eş-Enlem _{Leke I} ^(rad)	1.135 ± 0.003	1.135 ± 0.003
Boylam _{Leke I} ^(rad)	2.880 ± 0.003	3.526 ± 0.003
$R_{Leke I}^{(rad)}$	0.611 ± 0.001	0.698 ± 0.001
$T_{f Leke I}$	0.900 ± 0.001	0.900 ± 0.001
Eş-Enlem _{Leke II} ^(rad)	1.135 ± 0.003	1.135 ± 0.003
Boylam _{Leke II} ^(rad)	0.524 ± 0.003	6.248 ± 0.003
$R_{Leke II}^{(rad)}$	0.436 ± 0.001	0.436 ± 0.001
$T_{f Leke II}$	1.100 ± 0.001	0.970 ± 0.001

Çözümler sırasında 3. cisim parametreleri serbest bırakılmasına karşın, toplam ışıtmaya 3. cisim katkısı olmadığı görülmüştür. Işık eğrisi analizlerinden elde edilen çözüm parametreleri [Çizelge 1](#)'de verilmiştir. Bu parametreler ile elde edilen sentetik ışık eğrileri, gözlemlerden elde edilen ortalama ışık eğrileri ile birlikte [Şekil 4](#)'te gösterilmiştir.

2.3 Leke Aktivitesi

Sistemlerin tutulmalar dışı ışık değişimleri incelendiğinde sinüzoidal değişim sergiledikleri görülmektedir. Sistemleri oluşturan bileşenlerin yüzey sıcaklıkları ve sergiledikleri flare aktiviteleri gözönüne alınırsa bu değişimler, soğuk yıldız lekelerinden kaynaklanan dönmesel değişim etkisi olduğu anlaşılmaktadır. Sinüzoidal değişimlerin minimum zamanları, sistemlerin dolanma dönemine göre ard arda çevrimler karşılaştırıldığında birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Bu durum, sistemleri oluşturan bileşenlerin üzerindeki aktif bölgelerin hızla evrimleştiğine işaret etmektedir. Bu nedenle her iki sisteme ait tüm ışık eğrilerini tek seferde modellemek mümkün olmayacağı için, veriler setlere ayrılmıştır. Veriler setlere ayrılırken, görülen asimetrinin, leke minimum evrelerinin, minimum ve maksimum düzeylerinin aynı olduğu ardışık her bir çevrim tek sette toplanmıştır. Bu kurallar çerçevesinde yalnızca V1130 Cyg için oluşturulan LC veri 30 alt-sete ayrılmış ve her bir set ayrı ayrı modellenmiştir. V461 Lyr için oluşturulan LC veri derin ve sığ minimumlar olacak şekilde modellenmiştir.

V1130 Cyg sisteminin aktif bileşeninin sergilediği leke aktivitesi incelendiğinde tek bir lekeye sahip olduğu ve bu lekenin göç döneminin 0.33388 yıl (121.951 gün) olduğu görülmüştür. V461 Lyr sisteminde ise bileşenlerin birinde aktif bileşen üzerinde iki adet leke tespit edilmiş olup, birinci leke için göç dönemi 11.577 yıl, ikinci leke için göç dönemi 10.585 yıl olarak bulunmuştur. V461 Lyr sisteminin diğer bileşeni üzerinde de iki adet leke tespit edilmiş olup, birinci leke için



Şekil 5. Her iki sistemin aktif bileşenlerindeki lekeli alanların zamana göre boylamsal değişimi gösterilmektedir. Alt panellerde ise modellerden elde edilen artıklar verilmektedir. İçi dolu mavi noktalar birinci, kırmızı noktalar ikinci lekeyi temsil etmektedir.

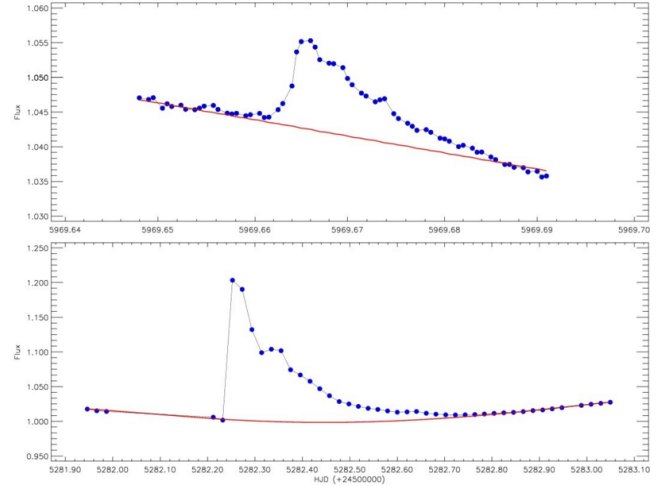
göç dönemi 11.807 yıl, ikinci leke için göç dönemi 12.836 yıl olarak bulunmuştur. Sistemlerde tespit edilen lekelerle ait göç dönemleri Şekil 5'te verilmektedir.

2.4 Flare Aktivitesi

Flare aktivitesinin doğasının anlaşılabilmesi ve sistemin flare davranışının belirlenebilmesi ve bileşenler üzerinde ortaya çıkan flare parlamalarının belirlenebilmesi için, sistemin ışık eğrisinde flare kaynaklı değişimler dışında kalan tüm değişimlerin arındırılması gerekmektedir. Sistem bir örtlen çift olduğu için, örtme ve örtülmelerden kaynaklanan tüm minimumlar veriden çıkarılmıştır. Bununla birlikte, gözlem süresince veri alımı sırasında ortaya çıkan ve teknik nedenlerden kaynaklanan sapan noktalar da veriden çıkarılmıştır. Flare parametreleri olan flare başlangıç ve bitiş noktaları ve flare enerjisi gibi parametrelerin belirlenebilmesi için sistemlerin flare dışı sakin düzeyinin belirlenebilmesi gerekmektedir. Ancak sistemleri oluşturan bileşenlerden birinin sergilediği dönmesel değişim nedeniyle sistemlerin parlaklık düzeyi flare parlamaları dışında da sinüzoidal değişim gösterdiği görülmüştür. Bu nedenle, flare parlamaları dışında kalan ışık eğrileri baz alınarak sistemlerin ışık değişimleri Fourier serisi ile modellenmiş ve tüm evreler Fourier ile temsil edilmiştir. Bu sentetik modeller kullanılarak her bir flare için temel düzey, Fourier modeli ile tanımlanmıştır. Sistemlerin tutulmalar dışı değişimlerinin modellenmesinin ardından, flare parametreleri hesaplanmıştır. Sistemlerin sergilediği flarelere ve Fourier ile tanımlanan temel düzeylere ilişkin iki örnek Şekil 6'da verilmiştir.

Sistemlerin Kepler Veri Tabanı'nda mevcut gözlem verisinden V1130 Cyg için 94 adet, V461 Lyr için 254 adet flare tespit edilmiştir. Tespit edilen flarenin başlangıç ve bitiş zamanları belirlendikten sonra sırasıyla flare maksimum zamanları, eşdeğer süresi (P), flare parlama (T_r) ve sönümlenme (T_d) zamanları, flare toplam süresi (T_t) ve son olarak flare genliği hesaplanmıştır. Tüm flarelerin eşdeğer süreleri Gershberg (1972) tarafından tanımlanan Eşitlik (3) ile hesaplanmıştır.

$$P = \int \frac{I_{\text{flare}} - I_0}{I_0} dt \quad (3)$$

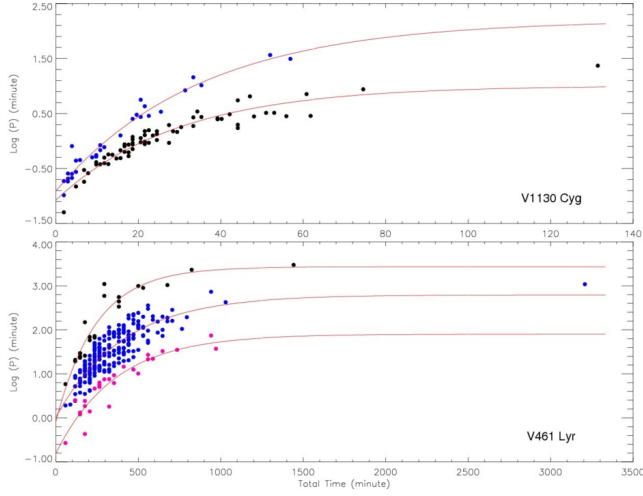


Şekil 6. V1130 Cyg (üst panel) ve V461 Lyr (alt panel) sistemlerine ait örnek flare ışık eğrileri.

burada P , saniye biriminde flare eşdeğer süresi, I_{flare} anındaki akı, I_0 ise flare dışı sakin düzey akısıdır. Dal & Evren (2010, 2011) tarafından açıklanan nedenlerle sonraki modellerde flare enerji parametresi yerine eşdeğer süre parametresi kullanılacağı için flare enerjileri hesaplanmamıştır.

Hesaplanan flare eşdeğer süresinin flare toplam süresine göre rastgele değil, belirli bir kural çerçevesinde değiştiği görülür. Dal & Evren (2010, 2011) tarafından yapılan çalışmalarda, SPSS V17.0 (Green ve diğ. 1996) ve GrahPad Prism V5.02 (Dawson & Trapp 2004) programları ile yapılan regression hesaplamaları, flare eşdeğer sürelerinin dağılımı için en iyi fonksiyonun One Phase Exponential Association (daha sonrasında OPEA olarak bahsedilecektir) olduğunu göstermiştir. OPEA fonksiyonu (Motulsky 2007; Spanier & Oldham 1987) Plateau terimine sahip olan özel bir fonksiyondur. Eşdeğer sürelerinin dağılımını tanımlayan bu fonksiyon:

$$y = y_0 + (\text{Plateau} - y_0) (1 - e^{-kx}) \quad (4)$$



Şekil 7. V1130 Cyg (üst panel) verisinde tespit edilen 94 flare üzerinden elde edilen OPEA modeli, V461 Lyr (alt panel) verisinde tespit edilen 255 flare üzerinden elde edilen OPEA Modelleri.

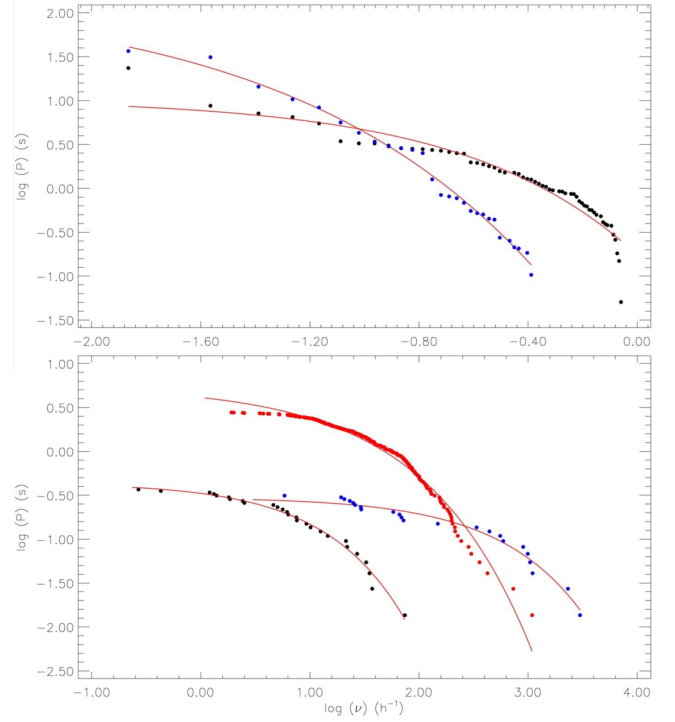
Dal & Evren (2010) tarafından yapılan tanımlarda buradaki y , logaritmik ölçekte eşdeğer süredir, x flare toplam süresi, y_0 ise minimum toplam flare süresi için logaritmik ölçekte flare eşdeğer süresidir. Diğer bir değişle y_0 , herhangi bir yıldızda gözlenen tüm flareleri içinde tespit edilebilecek olası minimum eşdeğer süreyi tanımlar. Dolayısıyla y_0 değeri, gözlenen hedefin parlaklığına ve gözlem yapılan optik sistemin duyarlılığına bağlıdır. Plateau değeri, belirli bir yıldızda gözlenen bir flare için, eşdeğer sürenin üst limitini tanımlar. Bu parametre, gözlem yapılan dalgaboyu aralığında flare aktivitesi için doyma seviyesi olarak tanımlanmıştır (Dal & Evren 2011). Her iki sistem için elde edilen OPEA modelleri Şekil 7'de gösterilmektedir. Elde edilen OPEA modellerinin model parametreleri ise Çizelge 2'de listelenmektedir.

Gershberg (1972) tarafından bir yıldızın flare enerji karakterini ortaya koyan, o yıldızda elde edilen flarelerin farklı enerji limitleri için ayrı ayrı hesaplanan flare frekans dağılımı tanımlanmıştır. Ancak, flare enerjisinin yıldızın sakin düzey ışırtmasına bağlı olması nedeniyle bu çalışmada flare enerjisi yerine flare eşdeğer süresi kullanılmıştır. V1130 Cyg ve V461 Lyr gözlemlerden elde edilen flareler için her grup için farklı flare eşdeğer süre limitleri için flare frekansları hesaplanmıştır. Elde edilen kümülatif flare enerji dağılımları Şekil 8'de gösterilmektedir. Ayrıca her iki sistemin fotometrik verilerinden elde edilen tüm flarelerin evre dağılımı incelenmiştir ve Şekil 9'da sergilediği dağılım gösterilmektedir.

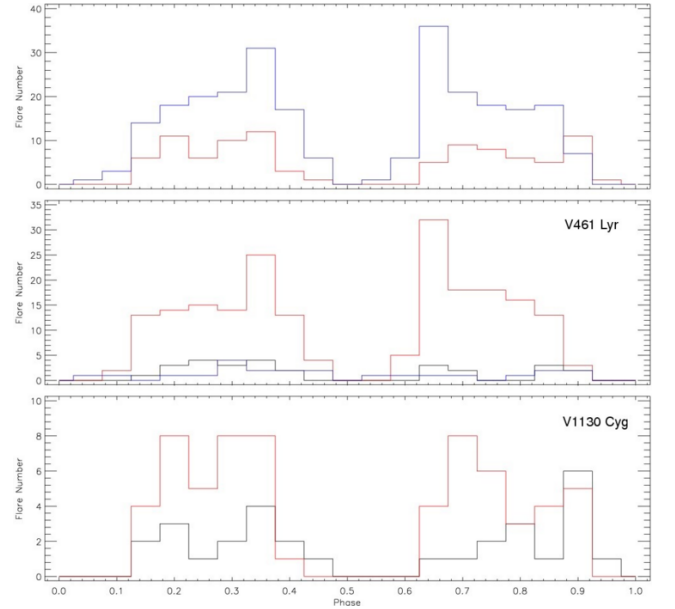
3 Tartışma

Kepler veritabanından alınan V1130 Cyg ve V461 Lyr verilerinin analizi sonucu her iki sistemin yüksek düzeyde kromosferik aktiviteye sahip olduğu görülmektedir. Sistemlerde hangi bileşenlerin kromosferik aktivite sergilediğini araştırmak ve benzer yıldızlara kıyasla aktivite seviyelerini belirlemek gerekmektedir. Sistemlerin toplam gözlem süreleri V1130 Cyg için 23810.584 saat, V461 Lyr için toplamda 3580.667 saattir.

Sistemlere ilişkin tayfsal veriler V1130 Cyg'ye ait 6 adet; V461 Lyr'e ait 4 adet tayf olmak üzere, Sloan Dijital Sky Surveys arşivlerinden temin edilmiştir. Mevcut tayf verileri Spectroscopic Binary Solver yazılımında kullanılan yöntemle



Şekil 8. V1130 Cyg (üst panel) ve V461 Lyr (alt panel) verisinde tespit edilen flareler üzerinden elde edilen kümülatif flare frekans dağılımları.



Şekil 9. V1130 Cyg için 94 flare ve V461 Lyr için 255 flare için 0.05 aralıklarla evrelendirilmiş toplam flare sayısı dağılımları. Şeklin üst panelinde, her iki sistem için evre dağılımı birlikte gösterilmiştir (Mavi V461 Lyr, Kırmızı V1130 Cyg). Orta ve alt panelde, siyah çizgiler her iki hedef için Grup 1 flarelerini temsil ederken, kırmızı çizgiler Grup 2 flarelerini göstermektedir. Orta paneldeki mavi çizgi V461 Lyr'in Grup 3 flarelerini gösterir.

Çizelge 2. En küçük kareler yöntemi kullanılarak elde edilen OPEA Model parametreleri.

	V461 Lyr			V130 Cyg	
	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 1	Grup 2
En Uygun Değerler					
Y_0	-0.8112±0.2493	0.0082±0.1226	-0.0972±0.3168	-0.9133±0.0664	-1.0765±0.0828
Plateau	1.9015±0.2565	2.7943±0.1676	3.4324±0.1755	2.1997±0.3495	1.00676±0.1023
Yarı-ömür	15004.2	16767.6	10118.60	1456.51	1226.07
Fark	2.7127±0.2157	2.7860±0.1270	3.5296±0.2743	3.1130±0.3173	2.0833±0.0891
95% Güvenilirlik					
Y_0	-1.3257 - -0.2968	-0.2321 - 0.2486	-0.7581 - 0.5637	-1.0497 - -0.7770	-1.2421 - -0.9109
Plateau	1.3720 - 2.4310	2.4658 - 3.1228	3.0664 - 3.7985	1.4825 - 2.9168	0.8022 - 1.2113
Yarı-ömür	9640.85 - 33817.20	13042.70 - 23470.50	7329.38 - 16334.90	1031.79 - 2475.54	978.88 - 1640.26
Fark	2.2675 - 3.1579	2.5370 - 3.0350	2.9574 - 4.1018	2.4619 - 3.7641	1.9051 - 2.2614
R^2	0.87	0.74	0.91	0.96	0.91
p-değeri 1	0.0091	>0.0001	0.0036	0.0001	0.2982
p-değeri 2	0.013	0.005	0.0061	0.0040	0.2183
p-değeri 3	>0.10	0.0158	0.0038	>0.1000	>0.1000

dayalı bir python betiği kullanılarak sabit yörünge dönemlerine dayalı olası dikine hız eğrileri belirlenmeye çalışılmıştır. Bulunan dikine hız yarı genlikleri V1130 Cyg için yaklaşık 39.19 km s⁻¹; V461 Lyr için yaklaşık 117.9 km s⁻¹ olarak bulunmuştur. Şekil 2'den de görüldüğü üzere hedeflerin mevcut dikine hız değişimleri göz önüne alındığında her iki hedefin de çift yıldız olması gerektiğine işaret etmektedir.

Sistemlerin doğasını anlayabilmek için bileşenlerinin fiziksel parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Literatürde bileşenlerin fiziksel yapısını ortaya çıkarmak için çeşitli kalibrasyonların yapıldığı, ancak tam bir ışık eğrisi analizi yapılmadığı görülmektedir. Bu sebeple bu çalışma kapsamında literatürde ilk kez, temeli Wilson-Devinney kodunun 2003 versiyonuna dayanan PHOEBE V.0.32 yazılımı ile sistemlerin ışık eğrisi analizleri yapılmıştır ve ulaşılan parametreler Çizelge 1'de listelenmektedir.

V1130 Cyg örtlen çift sisteminin tayf türü literatürde F7+K0IV (Svechnikov & Kuznetsova 1990) olarak verilmiştir. Bileşenlerinin sıcaklıkları ise $T_1=5587$ K, $T_2=6621$ K (Armstrong ve diğ. 2014) şeklinde verilmektedir. PHOEBE V.0.32 yazılımı ile yapılan ışık eğrisi analizinde, baş bileşenin sıcaklığı 6530 K olarak alınıp, yoldaş bileşenin sıcaklığı 3891±50 K olarak elde edilmiştir. Bileşenlerin kütleler oranı (q) 0.689±0.001 olarak bulunurken, sistemin yörünge eğim açısı (i) ise 90°00±0°01 olarak elde edilmiştir. Baş bileşenin kütlesi 1.337 M_☉ yoldaş bileşenin kütlesi 0.526 M_☉ olarak bulunmuştur. Ayrıca hesaplanan yarıçaplar baş bileşen için 1.264 R_☉ ve yoldaş bileşen için 0.611 R_☉'dir. Kepler'in 3. Yasası gözönüne alınarak yarı-büyük eksen uzunluğu 3.53 R_☉ olarak bulunmuştur.

V461 Lyr örtlen çift sisteminin baş bileşenine ait tayf türü G9 olarak (Svechnikov & Kuznetsova 1990) verilmektedir. Yapılan ışık eğrisi analizinde, baş bileşenin sıcaklığı 5774 K olarak alınıp, yoldaş bileşenin sıcaklığı 4206±50 K olarak elde edilmiştir. Bileşenlerin kütle oranı (q) 0.999±0.001 olarak bulunurken, sistemin yörünge eğim açısı (i) ise 89°58±0°01 olarak elde edilmiştir. Baş bileşenin kütlesi 0.993 M_☉ yoldaş bileşenin kütlesi 0.612 M_☉ olarak bulunmuştur. Ayrıca yarıçaplar baş bileşen için 1.021 R_☉ ve yoldaş bileşen için 0.677 R_☉'dir. Yarı-büyük eksen uzunluğu 11.83 R_☉ olarak bulunmuştur. MAST Veri tabanında V1130 Cyg için log $g=3.678$ cm s⁻² V461 Lyr için log $g=4.320$ cm s⁻²

olarak verilmektedir. Gerek literatürde verilen log g değerleri gerekse de bu çalışmada elde edilen kütlelere karşılık elde edilen yarıçaplar ve ısıtılar açıdan bakıldığında her iki sistemde de yoldaş bileşenler baş bileşenden daha evrimleşmiş durumdadır.

Gözlenen minimum süreleri ile hesaplanan minimum süreleri arasındaki $(O-C)_I$ farkları olarak adlandırılmaktadır. Hesaplanan $(O-C)_I$ farklarının doğrusal bir artış eğilimi sergilediği görülüp, bunu gidermek için lineer düzeltme uygulanmıştır. Bu düzeltmeden sonra $(O-C)_{II}$ artıkları elde edilmiş ve zamana göre değişimi incelenmiştir. Şekil 3'ün üst panelinde görüldüğü üzere V1130 Cyg durumunda, aktif bileşen üzerinde meydana gelen yıldız leke aktivitesi, hem baş hem de yan minimumların $(O-C)_{II}$ artıklarının Tran ve diğ. (2013) tarafından sunulan etkiler nedeniyle eş zamanlı ancak zıt yönlere değişmesine yol açmaktadır. Bununla birlikte aynı şeklin alt panelinden de görüldüğü üzere, V461 Lyr sisteminin yan minimumların daha sık genliklere sahip olması sebebiyle leke aktivitesinden daha fazla etkilenmektedir.

Güneş üzerindeki leke gruplarının gözlemleri, aralarında 180° bulunan iki kalıcı aktif boylamın meydana geldiğini göstermektedir. Bu aktif boylamlar Carrington koordinatları olarak bilinir ve bazı yazarlar için sabit yapıda olsalar bile aktif boylam dönüş hızlarının sabit olmadığını ve farklı dönüş hızlarına sahip olabileceğini belirtmektedir. Benzer şekilde sistemlerin aktif bileşenlerinde tespit edilen yıldız lekeleri göç hareketi gösteriyor ancak her leke için göç süreleri farklıdır. Şekil 5'te görüldüğü gibi, bazı doğrusal model uyumları ile göç hareketlerini düzelttikten sonra bazı dalga benzeri değişimler kalmıştır. Verilerde ilk kez görülen lekelerden gözlem sezonunun sonuna kadar göç dönemlerinin büyük bir değişime sahip olduğu görülüyor, bu da yıldızların yüzeylerindeki diferansiyel dönmenin çok güçlü olduğunu ortaya koymaktadır.

Leke analizlerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında, V461 Lyr üzerinde 2 çift aktif boylam olmalı ve her bir çiftteki aktif boylamlar 180° boylam aralığı ile yer almalıdır. Bu, 90° bir boylam aralığı ile konumlandırılmış dört aktif boylam anlamına gelmektedir. Bu sahneye göre, bir gözlemci yıldız yüzeyinde 90° boylamlardan bazı flareler saptanabilir. Bu durumda V461 Lyr'den gelen flareler için neredeyse homojen bir evre dağılımı görmeyi bekleriz. Öte yandan Şekil 9'dan da görüldüğü gibi, 0.05 evre aralığı ile elde edilen flare sayısı ile 0.35 ile 0.65 evrelere doğru artmaktadır. 0.35 evreden itibaren

flare sayıları artmaya ve 0.65 evreye kadar azalmaya başlıyor gibi görülmektedir. Ancak 0.50 evrede flare sayısı neredeyse sıfıra düşmektedir. Aktif bileşen, gözlemci yönünde diğer bileşen tarafından örtülmektedir. Sonuç olarak bu senaryoya göre flare frekansı bir evre aralığından diğerine değişir ve yıldız yüzeyinin diğer bileşene konumlandığı 0.50 evre civarında maksimuma ulaşmaktadır. Gel-git etkisi nedeniyle, aktif boylamdaki lekeli bölgeler nedeniyle flareler yıldız yüzeyinde herhangi bir yerde meydana gelebilse de diğer bileşenlere bakan yüzey kısmında flare meydana gelme olasılığı yüzeydeki herhangi bir yerden daha yüksek olmaktadır.

V1130 Cyg durumunda, hedefin soğuk lekelerinin oluştuğu tek bir aktif boylamı vardır. Şekil 9'dan da görüldüğü gibi 0.20, 0.35, 0.70 ve 0.90 evrelerinde flare sayıları yükselmektedir. Benzer şekilde flare sayısı 0.50 evresinde sıfıra yakın değerlere düşmektedir. Bu bileşenlerin tutulmalarından kaynaklanabilir. V1130 Cyg, V461 Lyr'den farklı davranış sergiler. Hedef tek aktif boylama rağmen flareler için neredeyse homojen bir evre dağılımı sergilemektedir. 0.05'lik her bir evre aralığındaki toplam flare sayılarının evre dağılımlarının yanı sıra, her iki sistem için her bir flare grubunun evre dağılımları da incelenmiştir. Her gruptaki flarenin yıldız yüzeyleri üzerinde çalışan farklı mekanizmalara bağlı olarak farklı kaynaklardan gelmesi beklenir. Bu durumda flare evre dağılımlarının farklı evreler etrafında maksimum olması gerekmektedir. Bununla birlikte Şekil 9'daki dağılımlar tüm grupların aynı evreler etrafında bir maksimum olduğunu göstermektedir. Bu her bir flare grubunun kaynakları veya kaynağının yıldız yüzeyindeki konumlarının kabaca aynı olduğunu ortaya koymaktadır. Işık eğrileri incelendiğinde hedeflerin her ikisinin de leke aktivitesinin yanı sıra flare aktivitesi de sergilediği görülmüştür. Flareler tespit edilip flare parametreleri belirlenmiştir. Işık eğrilerinin tutulmalar dışı sinüzoidal değişimleri Fourier serisi ile modellenerek flareler için sakin düzeyler belirlenmiştir. Ayrıca flare başlangıç, maksimum, bitiş ve eşdeğer süre parametreleri hesaplanmıştır. Flare eşdeğer süreleri Gershberg'in belirttiği bu eşitlik ile hesaplanmıştır. Şekil 2'de sistemlerden elde edilen flare ışık eğrisi örneklerini görülmektedir. V1130 Cyg'de 94 flare, V461 Lyr'de 255 flare tespit edilmiştir.

V1130 Cyg ve V461 Lyr sistemlerinde tespit edilen flareler kullanılarak, SPSS V17.0 ve GraphPad Prism V5.02 programlarında küçük kareler yöntemiyle OPEA modelleri oluşturulmuştur. Ancak burada ilgi çekici sonuçlar vardır. Bazı flareler her bir hedef için flarelerin genel dağılımından türetilen modellerin %95 güven aralıklarından dikkat çekici bir şekilde dağılımından bu saçılmış flarelerin ayrı modellenmeye çalışılmıştır. Analizlerde öncelikle tüm flareler için tek bir OPEA modeli türetilmiştir ancak korelasyon katsayısı hem de modelin duyarlılık katsayısı olan P-değeri değeri tek bir modelle temsil edilemeyeceğine işaret etmektedir en küçük kareler yöntemi kullanılarak yapılan test, flarelerin V1130 Cyg durumunda 2 OPEA modeli, V461 Lyr durumunda ise 3 OPEA modeli ile modellenmesi gerektiğini göstermektedir.

Gerçekten de hem OPEA modellerinde görülen ayrışma ve model parametrelerinin de farklı olup olmadığını denetlemek için kümülatif flare frekansları incelenmiştir. Hedeflerde tespit edilen her bir flare grubu için her farklı enerji limitine bağlı olarak kümülatif flare frekans dağılımları hesaplanmıştır. Burada da enerji yerine eşdeğer süre üzerinden analizler tamamlanmıştır. Elde edilen kümülatif flare frekans dağılımlarında üstel bir değişim olduğu görülmektedir. Ve her

grup için elde edilen dağılım tıpkı OPEA modellerinde olduğu gibi net bir şekilde ayrılmaktadır.

Kaynaklar

- Ahumada R., ve diğ., 2019, preprint, ([arXiv:1912.02905](https://arxiv.org/abs/1912.02905)), **ADS**
- Armstrong D. J., Gómez Maqueo Chew Y., Faedi F., Pollacco D., 2014, **MNRAS**, 437, 3473
- Balaji B., Croll B., Levine A. M., Rappaport S., 2015, **MNRAS**, 448, 429
- Benz A. O., 2008, **Living Reviews in Solar Physics**, 5, 1
- Carrington R. C., 1859, **MNRAS**, 20, 13
- Dal H. A., Evren S., 2010, **AJ**, 140, 483
- Dal H. A., Evren S., 2011, **AJ**, 141, 33
- Dawson B., Trapp R., 2004, Basic & Clinical Biostatistics 4/E (EBOOK). LANGE Basic Science, McGraw-Hill Education, <https://books.google.com.tr/books?id=p6hu-qU2zpsC>
- Dexter L., 1974, Journal of the American Association of Variable Star Observers (JAAVSO), 3, 59, **ADS**
- Emslie A. G., ve diğ., 2012, **ApJ**, 759, 71
- Gershberg R. E., 1972, **Ap&SS**, 19, 75
- Gershberg R. E., 2005, Solar-Type Activity in Main-Sequence Stars. Springer Berlin Heidelberg, doi:10.1007/3-540-28243-2
- Gershberg R. E., Shakhovskaia N. I., 1983, **Ap&SS**, 95, 235
- 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
- Gunn J. E., ve diğ., 2006, **AJ**, 131, 2332
- Haisch B., Strong K. T., Rodono M., 1991, **ARA&A**, 29, 275
- Hodgson R., 1859, **MNRAS**, 20, 15
- Majewski S. R., ve diğ., 2017, **AJ**, 154, 94
- Marcy G. W., Chen G. H., 1992, **ApJ**, 390, 550
- Mathur S., ve diğ., 2017, **ApJS**, 229, 30
- Matijević G., Prša A., Orosz J. A., Welch W. F., Bloemen S., Barclay T., 2012, **AJ**, 143, 123
- Miller W. J., 1966, Ricerche Astronomiche, 7, 217, **ADS**
- Mirzoian L. V., 1990, in Mirzoian L. V., Pettersen B. R., Tsvetkov M. K., eds, IAU Symposium Vol. 137, Flare Stars in Star Clusters, Associations and the Solar Vicinity. p. 1
- Motulsky H., 2007, GraphPad Software, 31, 39
- Pettersen B. R., 1991, Mem. Soc. Astron. Italiana, 62, 217, **ADS**
- Pigatto L., 1990, in Mirzoian L. V., Pettersen B. R., Tsvetkov M. K., eds, IAU Symposium Vol. 137, Flare Stars in Star Clusters, Associations and the Solar Vicinity. p. 117
- Prša A., Zwitter T., 2005, **ApJ**, 628, 426
- Qian S. B., Zhang J., He J. J., Zhu L. Y., Zhao E. G., Shi X. D., Zhou X., Han Z. T., 2018, **ApJS**, 235, 5
- Skumanich A., 1972, **ApJ**, 171, 565
- Slawson R. W., ve diğ., 2011, **AJ**, 142, 160
- Spanier J., Oldham K. B., 1987, An Atlas of Functions. Taylor & Francis/Hemisphere, Bristol, PA, USA
- Stauffer J. R., 1991, in Catalano S., Stauffer J. R., eds, NATO Advanced Science Institutes (ASI) Series C Vol. 340, NATO Advanced Science Institutes (ASI) Series C. p. 117
- Svechnikov M. A., Kuznetsova E. F., 1990, Katalog priblizhennykh fotometricheskikh i absoliutnykh elementov zatmennykh peremennykh zvezd. Sverdlovsk: Izd-vo Ural'skogo universiteta
- Tran K., Levine A., Rappaport S., Borkovits T., Csizmadia S., Kalomeni B., 2013, **ApJ**, 774, 81
- Watson C. L., Henden A. A., Price A., 2006, Society for Astronomical Sciences Annual Symposium, 25, 47, **ADS**
- Wilson R. E., 1990, **ApJ**, 356, 613
- Wilson R. E., Devinney E. J., 1971, **ApJ**, 166, 605
- Zacharias N., Monet D. G., Levine S. E., Urban S. E., Gaume R., Wycoff G. L., 2005, VizieR Online Data Catalog, p. I/297, **ADS**
- van Maanen A., 1940, **ApJ**, 91, 503

Access:

M23-0303: **Turkish J.A&A — Vol.4, Issue 3.**