

# EV LAC'IN FLARE VE LEKE AKTİVİTESİ

Hasan Ali DAL<sup>1</sup>, Serdar EVREN<sup>1</sup>

## Özet

Kırmızı cücelerin flare ve leke aktivitesi, gerek ortaya çıktıkları süreçler gerekse de kırmızı cücelerin evrimi açısından, günümüz astrofiziğin tartışılan konularındandır. Bu çalışmada, EV Lac'ın leke ve flare aktivitesi tartışılmaktadır. Bir gözlem sezonunda yüzeyinde leke kaplı alanlar hızla değişmektedir. Flare parlamalarının enerji dağılımı ve flarelerin yıldız dönme dönemine göre değişimi incelenmiştir. Flareler süresi arttığında, ortaya çıkan toplam enerji de artmaktadır. Genel olarak, leke maksimum evresinde ortaya çıkan flareler, leke minimum evresine göre daha yüksek enerjilidir.

**Anahtar Kelimeler:** Kırmızı cüceler, kromosferik aktivite, flare, leke.

## Abstract

Today, Flare and stellar spot activity are still discussed for both their process and red dwarf evolution in astrophysics. In this paper, EV Lac's stellar spot and flare are discussed. Their surface regions covered by stellar spot are rapidly changing in just one observing season. Flare energy distribution and flare distribution with stellar rotation are examined. Flare energy increases with flare duration. Generally, energy of flares at spot maximum phase is larger than ones at spot minimum phases.

**Key Words:** Red Dwarf, chromospheric activity, flare, stellar spot.

## 1. Giriş

Manyetik aktivite gösteren yıldızlar arasında UV Ceti yıldızları büyük yer kaplamaktadır. K ve M türü yıldızların evrimlerinin anlaşılması açısından büyük öneme sahip bu yıldızlar,  $0.08 - 0.8M_{\text{güneş}}$  kütle ve  $0.15 - 0.85R_{\text{güneş}}$  yarıçap aralığındaki kırmızı cüce yıldızlardır. Gökadamızdaki yıldızların %65'i kırmızı cüce yıldızlardan oluşmakta ve bu yıldızların da %75'i flare aktivitesi göstermektedir [1]. Kırmızı cüce yıldızlar, anakol evrimlerini ilk aşamalarında flare aktivitesi göstermektedirler [2]. Açık yıldız kümeleri ve oymaklardaki kırmızı cücelerin çok büyük bir kısmının flare aktivitesi göstermesi bunun belirgin bir göstergesidir [2, 3]. Skumanich yasası uyarınca, bir yıldızın dönme hızı, yaşının kareköküyle ters orantılıdır [4]. Aktif yıldızlarda dönme hızı ile aktivite şiddetleri arasındaki ilişki de gözönüne alındığında, Skumanich yasasını  $v_{\text{dönme}} \propto t^{-1/2} \propto F_{\text{CaII}}$  şeklinde yazabiliriz. Burada  $v$ , yıldızın dönme hızını;  $t$ , yaşını ve  $F_{\text{CaII}}$  de aktif yıldızlarda aktivite şiddeti göstergesi olarak kabul edilen Ca II salmasının akısıdır. M cücelerinin dönme hız dağılımına bakıldığında, manyetik aktivite göstermeyen M cücelerinin eşlek dönme hızlarının  $2 - 3 \text{ km s}^{-1}$ 'den daha düşük olduğu görülmektedir [5]. Manyetik aktivite gösteren ve alan

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100 Bornova-İzmir  
Tel. 0232 388 40 00 / 2232, 232 Fax. 0232 37314 03, ali.dal@ege.edu.tr, serdar.evren@ege.edu.tr

yıldızları arasında bilinen en aktif flare yıldızlarından birkaçı olan EV Lac, AD Leo ve EQ Peg; M cüceleri için olması gereken eşlek dönme hızlarına göre yüksek hızlarda dönmektedirler. EV Lac için  $v \sin i = 4 \text{ km s}^{-1}$  [6] iken, bu değer AD Leo için  $5 - 5.8 \text{ km s}^{-1}$ ; EQ Peg içinse  $8.3 \text{ km s}^{-1}$  düzeyindedir [5]. Genç kümelerdeki M cücelerine bakıldığında ise eşlek dönme hızlarının  $100 \text{ km s}^{-1}$ 'ye kadar yükseldiği görülmektedir [7]. dMe yıldızlarında manyetik aktivite ve özellikle de flare aktivitesi nedeniyle ortaya çıkan kütle kaybı oranlarına bakıldığında, yılda birkaç  $10^{-10} M_{\text{güneş}}$  düzeyinde değerlerle karşılaşılmaktadır. Bu yüksek kütle kayıp oranı, bu yıldızların toplam açısal momentumlarının %98'ine yakınına anakol yaşamlarında kaybettiklerini açıklamaktadır [5].

Sonuçta, M cüceleri uzun anakol yaşamlarının başlarında, ortalama değerlere göre daha yüksek hızlarda dönmekte, şiddetli leke ve flare aktivitesi göstermektedirler. Ancak bu aktivite nedeniyle hızla kütle ve dolayısıyla da açısal momentum kaybedip yavaşlamaktadırlar.

Dış katmanları tamamen konvektif olan dMe yıldızlarında yüksek kütle kaybına neden olan, manyetik alan kökenli flare aktivitesi tam olarak açıklanabilmiş değildir. Güneşte gözlenen klasik flarelerde ortaya çıkan enerji ortalama  $10^{26} - 10^{27} \text{ erg}$  yöresindedir. Güneşte ortaya çıkan en yüksek enerjili flareler olan "çift kurdela" flarelerinde ise enerji düzeyi  $10^{30} - 10^{31} \text{ erg}$  civarındadır. Güneş'in kütle kaybı ise yılda  $\approx 2 \times 10^{-14} M_{\text{güneş}}$  kadardır. 50 yılı aşan gözlemler dMe yıldızlarda ortaya çıkan flarelerin enerjilerinin  $10^{28} - 10^{34} \text{ erg}$ 'e kadar çıktığını göstermektedir [8]. Güneş ile dMe yıldızlarının kütle kayıp oranları ve flare enerji aralıklarında büyük farklar olsa da dMe yıldızlarında görülen flare olayları, "Güneş Flare Olayları"ndaki süreçlerle açıklanmaya çalışılmaktadır. Flare olaylarındaki enerji kaynağının manyetik yeniden birleşme süreçleri olduğunu ileri sürülmektedir [8, 9].

Flare kuramlarının, dMe yıldızlarında flareyi ortaya koyan süreçleri tam olarak açıklayamamasının birkaç nedeni vardır. Öncelikle, dMe yıldızlarının gözlemleri görsel bölgede yoğunlaşmaktadır. Diğer bölgelerde veri alınması kabaca son 20 içerisinde gerçekleşmiştir. Bir diğer nedense, flare olaylarında yıldızların parlaklığı çok hızlı değişmektedir. Teknik ilerlemeler doğrultusunda, görsel bölge gözlemlerinde son birkaç 10 yıldır hızlı veri sağlayan araçlar kullanılmıştır. Gözlemlerin kısa zaman ölçeklerinde gözlem verisi sağlayabilen araçlarla yapılması, dMe yıldızlarında ortaya çıkan optik flare karakterlerinin belirlenmesi ve bu flarelerin modellenip, süreçlerin ortaya konulması açısından önemlidir. Gurzadyan (1988), "Hızlı Elektron Kuramı"ını kullanarak bazı optik flareleri modellemiştir. Modellenen flareler, dMe yıldızlarında orta çıkan klasik flare türüne girmektedir [10]. Oysa, çok kanallı hızlı fotometrelerle yapılan gözlemler, dMe yıldızlarının klasik türdeki flarelerinde iniş kolunda da ani değişimler olduğunu ortaya koymaktadır [11].

Bu çalışmada, en aktif flare yıldızlarından biri olan EV Lac'ın UBVR süzgeçlerinde fotoelektrik gözlemleri yapıldı. EV Lac, gökadamda  $5.1 \text{ pc}$  uzaklıkta bulunan bir genç disk yıldızdır. Kinematik çalışmalar,  $H\alpha$  salması, hızlı dönme ve flare aktivitesi EV Lac'ın genç yıldız olduğunu göstermektedir [12]. dM4.5e tayf türünde ve  $0.35 M_{\text{güneş}}$  kütlelerinde olan EV Lac'ın yüzeyinin %50'si,  $0.38 \text{ kG}$ 'luk şiddetli manyetik alanlarla kaplıdır [8, 12]. Flare aktivitesiyle birlikte şiddetli leke aktivitesi gösteren EV Lac,  $4.375 \text{ gün}$ 'lük dönme dönemine sahiptir.

EV Lac, uzun süredir gözlenen flare yıldızlarından biridir. Leke ve flareye yönelik fotoelektrik gözlemleri bulunan yıldızın, literatürde elde edilen en büyük genlikli flaresi  $5^m.9$ 'dir [12]. Literatürde elde edilmiş en büyük genlikteki flarese, Batyrshinova and Ibragimov (2001) tarafından 1RXS J220111+281849 X-Işın kaynağında U süzgecinde elde edilen  $11^m$ 'lik flaredir [13]. Flare yıldızlarında flare aktivitesinin çevrimsel bir davranış sergileyip sergilemediği tartışma konusudur. EV Lac'ın flare aktivitesinin ortalama 7.5 yıllık

çevrimsel bir davranış sergilediği görülmektedir. Leke aktivitesinin ise 5 yıllık bir çevrim ortaya koymaktadır [14]. Mavridis and Avgolopoulos (1986) tarafından yapılan çalışmada EV Lac'ın yaklaşık 5 yıllık bir aktivite çevrimi gösterdiği bulunmuştur [15]. Ancak, Ishida ve ark. (1991), EV Lac'ı 1971 ile 1988 yılları arasında 18 yıllık bir süre boyunca toplam 235.9 saat gözlemişler ve 49 flare elde etmişlerdir [16]. Bu veriyi kullanarak yaptıkları analizde, Mavridis and Avgolopoulos (1986)'nin bulduğu 5 yıllık flare aktivite çevrimine yakın bir çevrimsel davranış bulamamışlardır.

Flare yıldızlarının fotoelektrik gözlemlerinde, leke ve flare aktivitesi dışında bir başka değişim türü daha ortaya çıkmaktadır. dMe yıldızlarının bazı UBVR gözlemlerinde flare öncesinde ve/veya sonrasında küçük genlikli düzensiz salınımlar görülmektedir [17, 18]. Flare öncesi ve/veya sonrasında ortaya çıkan bu parlaklık dalgalanmalarının, flare kaynaklı sismik bir dalgalanma olup olmadığı konusunda gözlemsel bir delil bulunamamıştır [18]. Bu yarı düzenli parlaklık salınımlarının tam olarak ne olduğu bilinmemekle birlikte, dMe yıldızlarının fotosfer katmanlarında flare nedeniyle ısı dengesinin bozulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

## 2. Gözlemler

EV Lac, 2004 ve 2005 gözlem sezonunda Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde 48 cm'lik Cassegrain türü teleskop ve üç kanallı hızlı fotometre ile U, B, V, R süzgeçleri kullanılarak gözlenmiştir. Gözlemler için HD 215576 (K2,  $V=8^m.80$ ) mukayese yıldızı ve HD 215488 (G5,  $V=9^m.99$ ) ise denet yıldızı olarak seçilmiştir. Gözlem noktaları, atmosferik sönmükleştirme etkisinden arındırılmış ve gözlem zamanları güneş merkezine indirgenmiştir. Elde edilen diferansiyel parlaklıkların (Değişen-Mukayese) evre hesabı, Kleinman ve ark. (1987) tarafından verilen aşağıdaki ışık ögeleri kullanılarak yapılmıştır [19];

$$HJD = 2446499.180 + 4.375 \times E \dots\dots\dots(1)$$

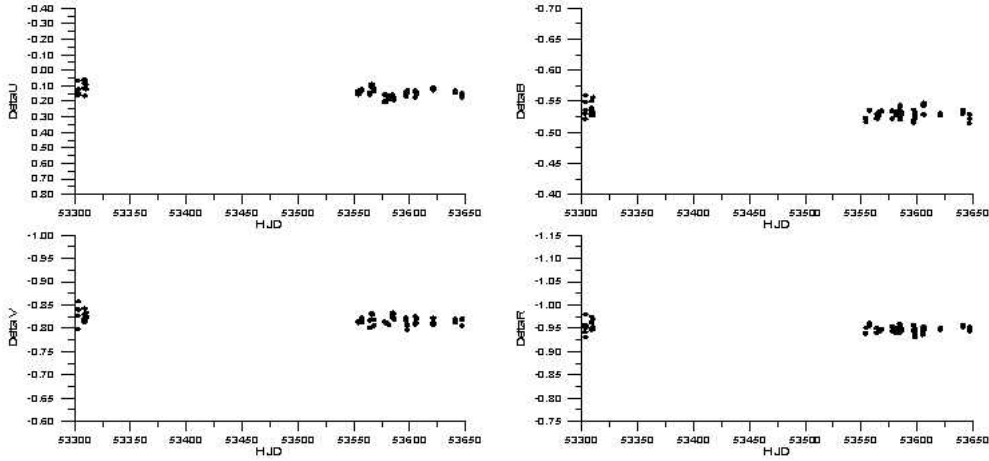
Gözlemleri yapılan yıldızların SIMBAD veri tabanındaki kimlikleri, Çizelge 2.1'de görülmektedir.

**Çizelge 2.1:** Gözlenen yıldızların kimlikleri

Yıldız	Adı	Tayf Türü	$\alpha_{2000}$	$\delta_{2000}$	$V(mag)$
Değişen	EV Lac	dM3.5e	22 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> .73	+44° 20' 02".4	10.09
Mukayese	HD 215576	K2	22 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> .52	+44° 21' 22".5	8.80
Denet	HD 215488	G5	22 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .40	+44° 21' 59".1	9.99
Standart	HD 215141	K5	22 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> .18	+00° 21' 15".5	9.20

Leke aktivitesi ve flare tarama gözlemleri farklı şekillerde yapılmıştır. Yıldızın genç, hızlı dönen bir yıldız olduğu ve bu nedenle de leke aktivitesinin hızlı değişim gösterebileceği göz önüne alınarak ışık eğrisinin kısa zaman aralığında tamamlanmasına olanak sağlayacak şekilde gerekli olan her gece UBVR süzgeçlerinde belirli süre boyunca nokta alınmıştır. Bu gözlemlerde 10 saniye poz süresi kullanılmıştır. Gözlem programı çerçevesinde gecenin geriye kalan zamanında flare taraması yapılmıştır. 2004 gözlem sezonunda, flare taramaları U süzgecinde; 2005 gözlem sezonunda ise U ve B süzgeçlerinde yapılmıştır. Flare taramalarında farklı poz sürelerinde gözlem yapılmıştır. Poz süresi olarak genelde U süzgecinde 10 veya 7 saniye, B süzgecinde 5 veya 3 saniye kullanılmakla birlikte; zaman zaman her iki süzgeçte de bu değerlerle 1 saniye aralığındaki çeşitli poz süreleri kullanılmıştır. Flare tarama gözlemlerinde poz sürelerinin seçimi, gözlem gecesindeki sinyal-gürültü oranlarını da göz önüne alınarak elde edilecek flarelerin genel değişiminin daha iyi elde edilmesine dayanmaktadır. Flare taramasında da izlenen gözlem sırası aynıdır ancak, literatürdeki flare taramaları örnek alınarak değişen yıldızdan ortalama 20 dakika boyunca nokta alınmıştır. Bu süre yıldızın gökyüzündeki konumuna göre değişmektedir. Gözlemin bu şekilde yapılmasının

nedeniye, flare akivitesinin bir dönemlilik göstermemesi, ne zaman ve ne sürede ortaya çıkacağına belirli olmamasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 2.1: 2004 ve 2005 yıllarında C1-C2 değişimi. Üst sol Delta U, üst sağ Delta B, alt sol Delta V ve alt sağ Delta R değişimi.

Çizelge 2.2 C1-C2 değişiminde elde edilen hatalar.

Hata	U (mag)	B (mag)	V (mag)	R (mag)
En Küçük	0.002	0.001	0.001	0.002
En Büyük	0.030	0.022	0.012	0.018
Ortalama	0.014	0.007	0.005	0.006

Çizelge 2.3 HD 215141 standart yıldızı ile gözlenen C1'in 3 farklı gözlem tarihinde UBVR'de elde edilen standart görsel parlaklıkları.

Gözlem Tarihi	U (mag)	B (mag)	V (mag)	R (mag)
14.08.2004	11.453	10.452	9.224	8.587
09.10.2004	11.433	10.446	9.223	8.586
08.09.2004	11.451	10.444	9.223	8.588
<b>Ortalama</b>	<b>11.446</b>	<b>10.447</b>	<b>9.223</b>	<b>8.587</b>

Şekil 2.1'de görülen C1-C2 değişiminde elde edilen en küçük, en büyük ve ortalama hatalar Çizelge 2.2'de verilmiştir. C1-C2 diferansiyel parlaklığında çok küçük genlikli değişimler görülmekle birlikte bu değişimlerin genlikleri  $3\sigma$  içerisinde kalmaktadır. Yapılan bütün gözlemlerde standarta dönüşüm yapılmıştır. Standarta dönüşümlerde, Landolt (1992)'den alınan HD 215141 ( $B-V = 1^m.485$ ) standart yıldızı kullanılmıştır [20]. 2004 gözlem sezonunda 14 Ağustos ve 9 Ekim tarihlerinde iki; 2005 gözlem sezonunda ise 8 Eylül'de bir kez standart gözlemi yapılmıştır. Standart gözlemlerinde C1'in UBVR süzgeçlerinde elde edilen parlaklıkları ve bunların ortalamaları, Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Ev Lac'ın UBVR süzgeçlerinde yapılan gözlemlerinde, yıldızın sakin düzeyindeyken ortalama standart parlaklığı ve  $5.1pc$ 'lik uzaklığı [12] kullanılarak ortalama salt parlaklık değerleri hesaplanmıştır. 2004 ve 2005 yılları için ayrı ayrı, yıldızın sakin düzeyindeki ortalama salt parlaklık değerleri ve Güneş'in UBVR süzgeçlerindeki salt parlaklıkları ve ışıması kullanılarak EV Lac'ın UBVR ışıması hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler Çizelge 2.4'de verilmiştir. Çizelge 2.4'de  $m_U, m_B, m_V, m_R$ 'ler, sırasıyla UBVR süzgeçlerindeki görsel parlaklıklar; U-B, B-V ve V-R'ler ise renkler;  $M_U, M_B, M_V, M_R$ 'ler salt parlaklıklar;  $L_U, L_B, L_V$  ve  $L_R$ 'ler ise UBVR süzgeçlerindeki ışımalardır.

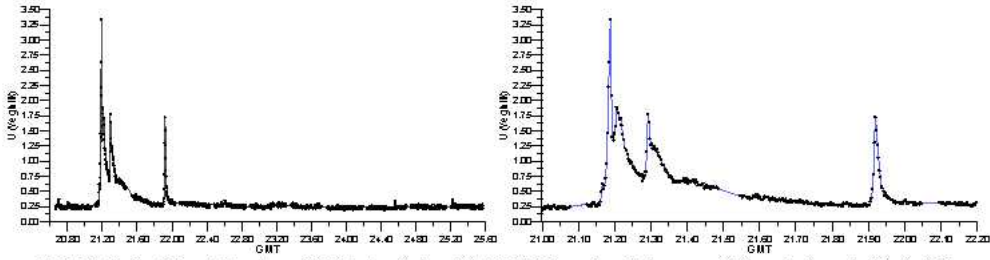
Elde edilen ışıtmalar flare enerji hesaplarında kullanılmıştır. Flare enerjileri, Gershberg (1972)'nin yöntemiyle hesaplanmıştır [21]. Bu yöntemde, aşağıdaki (2) ve (3) nolu eşitlikleri yardımıyla fotoelektrik gözlemlerde elde edilen flarelerin enerjileri hesaplanabilmektedir:

$$E = P \times L \dots\dots\dots(2)$$

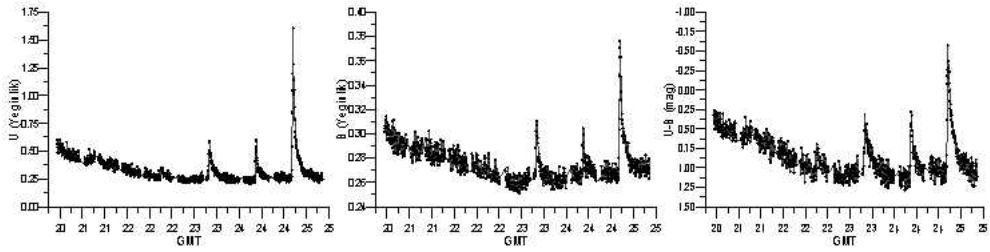
burada  $E$ , gözlem yapılan süzgeçteki flare enerjisi,  $P$ , (3) nolu eşitlikte verilen ve literatürde "equivalent duration" olarak tanımlanan saniye biriminde flare eşdeğer süresidir.  $L$  ise gözlem yapılan süzgeçte, yıldızın sakin düzeydeki ortalama ışımasıdır. EV Lac'ın UBVR süzgeçlerinde elde edilen ışıtmaları Çizelge 2.4'de verilmiştir.

$$P = \int [(I_{flare} - I_0) / I_0] dt \dots\dots\dots(3)$$

Burada,  $I_0$ , gözlemin yapıldığı süzgeçte yıldızın sakin düzeyindeki yeğnliği;  $I_{flare}$  ise flare anındaki yeğnliğidir. Şekil 2.2 (a) ve (b)'de EV Lac gözlemlerinde elde edilmiş bir flare örneği görülmektedir. Şekil 2.2 (a), 10 Ağustos 2004 gözlemindeki flare taramasının tamamı, (b)'de ise gözlemin ilk kısmında elde edilen flareler gösterilmektedir.



Şekil 2.2: 10 Ağustos 2004 tarihindeki EV Lac'ın bir gecelik gözlemi (Solda).  
Bu gözlemin başlangıcında elde edilen flareler (Sağda).



Şekil 2.3: 15 Ağustos 2005 tarihindeki bir gecelik EV Lac gözlemi. Üst panel U, orta panel B süzgeçlerindeki yeğnlik değişimini göstermekte ve alt panelse renk değişimini göstermektedir.

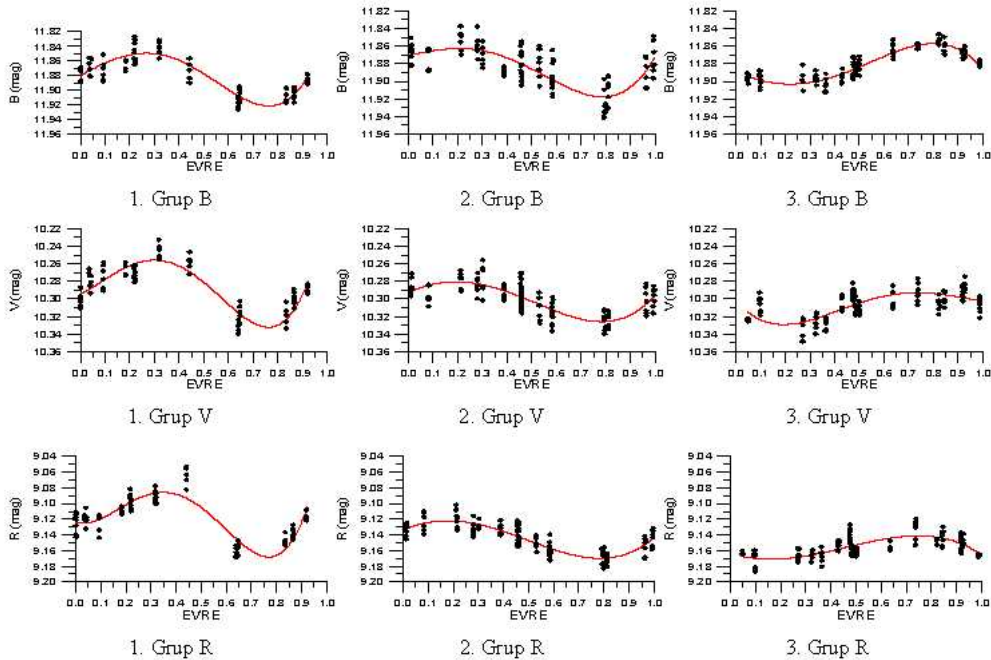
Şekil 2.3'de, 15 Ağustos 2005 gecesinde yapılan gözlem görülmektedir. Bu gözlem U ve B süzgeçlerinde yapılmıştır. Şekil 2.3'de gözlem başlangıcında U ve B yeğnliklerinde bir azalma görülmekte ve sonrasında 3 flare parlaması olmuştur. Her iki süzgeçte gözlem başında ortaya çıkan yeğnlik azalması kendini renkte de kırmızılaşma olarak göstermektedir. Bu, büyük genlikli bir flare olayının iniş kolu olabilir.

2004 ve 2005 yıllarında yapılan tüm flare taramalarında, elde edilen flareler ve benzeri tüm değişimler gecelik gözlemlerden çıkarılmış ve yıldızın gecelik ortalama parlaklık düzeyi belirlenmiştir. Bu ortalama parlaklık, yıldızın sakin düzey parlaklığı olarak kabul edilmiştir. Her bir flare için çıkış süreleri, iniş süreleri ve tüm flarelerin flare eşdeğer süreleri bu temel

düzyeyden hesaplanmıştır. 2004’de U süzgecinde, 2005 yılında U ve B süzgeçlerinde elde edilen flarelerin hesaplanan parametreleri, sırasıyla Çizelge 2.5, Çizelge 2.6 ve Çizelge 2.7’de verilmiştir.

Çizelge 2.4: EV Lac’ın 2004 ve 2005 yıllarında elde edilen parlaklık (mag), renk (mag) ve ışıtmaları (erg s<sup>-1</sup>).

Parlaklık	2004	2005
m <sub>U</sub>	13.002	12.955
M <sub>B</sub>	11.885	11.891
m <sub>V</sub>	10.294	10.304
m <sub>R</sub>	9.131	9.152
U-B	1.117	1.063
B-V	1.591	1.588
V-R	1.162	1.151
M <sub>U</sub>	14.507	14.460
M <sub>B</sub>	13.390	13.397
M <sub>V</sub>	11.799	11.809
M <sub>R</sub>	10.637	10.657
L <sub>U</sub>	4.79724E+29	4.97045E+29
L <sub>B</sub>	1.33389E+30	1.32388E+30
L <sub>V</sub>	5.77227E+30	5.72078E+30
L <sub>R</sub>	1.68542E+31	1.65203E+31



Şekil 2.4: 2004 ve 2005 gözlem sezonlarında elde edilmiş 3 grup BVR ışık eğrileri.

Çizelge 2.5 2004 yılında U Süzgecinde elde edilen flarelerin çeşitli parametreleri

JD + 24 00000	Çıkış Süresi (sn)	İniş Süresi (sn)	Flare Süresi (sn)	$P_U$ (sn)	Genlik	Flare Enerjisi (erg)	Flare Türü
53198.47514	70	190	260	5.02493E+01	0.431	2.41058E+31	Karmaşık
53198.48324	30	560	590	1.28012E+02	0.735	6.14106E+31	Klasik
53202.51448	1050	1330	2380	3.72355E+02	0.056	1.78627E+32	Flare Olayı
53204.51795	410	820	1230	1.74671E+02	0.313	8.37939E+31	Flare Olayı
53207.49970	80	230	310	6.42165E+01	0.588	3.08062E+31	Klasik
53207.51648	20	490	510	1.14267E+02	0.905	5.48167E+31	Klasik
53207.52423	60	230	290	2.44965E+03	0.902	1.17515E+33	Karmaşık
53207.53233	470	1630	2100	1.19792E+03	0.335	5.74668E+32	Flare Olayı
53207.55178	50	810	860	1.00828E+03	1.695	4.83697E+32	Klasik
53211.54445	240	590	830	1.65831E+02	0.397	7.95532E+31	Flare Olayı
53212.48570	150	340	490	1.41325E+02	0.602	6.77971E+31	Klasik
53212.51625	220	160	380	1.67794E+02	0.514	8.04948E+31	Klasik
53213.48702	30	50	80	1.70178E+01	0.676	8.16382E+30	Hızlı
53213.52209	10	90	100	1.54025E+01	0.385	7.38896E+30	Klasik
53215.48409	20	160	180	9.75996E+01	1.315	4.68208E+31	Karmaşık
53215.49960	50	120	170	3.69820E+01	0.436	1.77411E+31	Klasik
53225.35265	50	50	100	1.98583E+01	0.551	9.52651E+30	Karmaşık
53225.42498	160	190	350	9.42676E+01	0.611	4.52224E+31	Klasik
53225.46827	60	80	140	4.79538E+01	0.643	2.30046E+31	Klasik
53226.43381	70	60	130	2.57819E+01	0.524	1.23682E+31	Karmaşık
53226.46483	20	120	140	2.60719E+01	0.377	1.25073E+31	Klasik
53226.50951	60	2422	2482	5.94834E+02	0.816	2.85356E+32	Karmaşık
53227.38164	30	910	940	7.28276E+02	1.763	3.49371E+32	Klasik
53227.42505	140	490	630	1.88971E+02	0.555	9.06536E+31	Klasik
53227.43928	100	260	360	8.35153E+01	0.591	4.00643E+31	Klasik
53227.44287	20	220	240	4.46927E+01	0.427	2.14401E+31	Klasik
53227.46382	40	960	1000	1.13449E+03	1.987	5.44242E+32	Klasik
53227.49692	20	70	90	1.84229E+01	0.511	8.83789E+30	Klasik
53227.55063	10	60	70	9.83067E+00	0.353	4.71601E+30	Klasik
53228.36640	120	30	150	2.84252E+01	0.489	1.36362E+31	Karmaşık
53228.37056	40	50	90	1.95669E+01	0.404	9.38671E+30	Klasik
53228.38654	110	2090	2200	4.23595E+03	2.718	2.03208E+33	Karmaşık
53228.41698	70	1730	1800	8.49934E+02	2.020	4.07733E+32	Klasik
53228.52716	30	20	50	8.22440E+00	0.437	3.94544E+30	Hızlı
53228.55471	20	100	120	2.42433E+01	0.520	1.16301E+31	Hızlı
53232.36686	30	50	80	1.42793E+01	0.433	6.85009E+30	Hızlı
53232.37785	70	220	290	7.28660E+01	0.660	3.49555E+31	Klasik
53232.39359	50	470	520	1.47908E+02	0.751	7.09550E+31	Klasik

Çizelge 2.6 2005 yılında U süzgecinde elde edilen flarelerin çeşitli parametreleri.

JD + 24 00000	Çıkış Süresi (sn)	İniş Süresi (sn)	Flare Süresi (sn)	P <sub>U</sub> (sn)	Genlik (mag)	U-B (mag)	Flare Enerjisi (erg)	Flare Türü
53557.52397	52	116	168	71.66670	0.693	0.219	3.56216E+31	Karmaşık
53557.53248	2	2	4	1.35865	0.435	0.500	6.75312E+29	Hızlı
53557.53299	2	2	4	0.37180	0.706	0.545	1.84801E+29	Hızlı
53557.53385	2	2	4	1.21943	0.441	0.622	6.06109E+29	Hızlı
53557.53438	2	2	4	1.52854	0.300	0.561	7.59756E+29	Hızlı
53557.53656	2	2	4	1.47241	0.516	0.374	7.31852E+29	Hızlı
53557.54960	2	2	4	0.94218	0.614	0.503	4.68307E+29	Hızlı
53557.54974	2	12	14	3.57705	0.499	0.561	1.77796E+30	Karmaşık
53578.48382	15	60	75	11.59615	0.460	0.822	5.76381E+30	Klasik
53578.50257	15	585	600	184.95022	0.727	0.522	9.19286E+31	Klasik
53578.51594	30	75	105	15.54412	0.381	0.761	7.72613E+30	Hızlı
53578.52566	15	15	30	3.76396	0.381	0.828	1.87086E+30	Hızlı
53578.54667	75	45	120	12.26186	0.372	0.804	6.09470E+30	Hızlı
53586.49697	15	15	30	4.67778	0.216	0.886	2.32507E+30	Hızlı
53586.50688	90	480	570	384.14973	1.565	-0.218	1.90940E+32	Klasik
53586.51348	15	15	30	2.64795	0.313	0.956	1.31615E+30	Hızlı
53586.52856	45	135	180	38.14269	0.437	0.703	1.89586E+31	Klasik
53597.33755	30	105	135	41.73394	0.361	0.632	2.07436E+31	Klasik
53597.40029	15	45	60	8.44711	0.297	0.773	4.19860E+30	Hızlı
53597.47199	45	60	105	23.30560	0.359	0.751	1.15839E+31	Klasik
53597.47615	90	120	210	44.69680	0.401	0.661	2.22163E+31	Klasik
53597.47806	30	75	105	35.72534	0.304	0.720	1.77571E+31	Klasik
53597.48015	30	75	105	30.40185	0.493	0.501	1.51111E+31	Hızlı
53597.48223	105	60	165	32.25186	0.228	0.779	1.60306E+31	Klasik
53598.35180		6304	6304	3816.03061	0.933	0.328	1.89674E+33	Klasik
53598.42911	45	345	390	92.84721	0.435	0.705	4.61492E+31	Klasik
53598.43379	30	165	195	33.74182	0.219	0.832	1.67712E+31	Karmaşık
53598.46517	135	870	1005	398.33719	0.949	0.326	1.97992E+32	Klasik
53598.50008	90	720	810	282.66632	1.023	0.282	1.40498E+32	Klasik
53598.52741	120	1245	1365	1264.20003	2.096	-0.568	6.28364E+32	Klasik
53605.38049		405	405	294.08307	1.040	0.284	1.46173E+32	Klasik
53605.39060	15	45	60	21.65202	0.467	0.661	1.07620E+31	Klasik
53605.39146	30	300	330	187.04146	1.058	0.154	9.29680E+31	Klasik
53605.41460	90	105	195	61.79382	0.469	0.560	3.07143E+31	Klasik
53605.42241	45	30	75	20.65079	0.496	0.599	1.02644E+31	Klasik
53605.42467	30	75	105	24.97645	0.439	0.684	1.24144E+31	Klasik
53605.43113	15	30	45	12.43827	0.434	0.594	6.18238E+30	Hızlı
53605.43339	120	30	150	30.75663	0.351	0.698	1.52874E+31	Karmaşık
53605.47752	15	30	45	11.56579	0.334	0.706	5.74872E+30	Hızlı
53605.50719	15	30	45	4.18511	0.627	0.673	2.08019E+30	Hızlı
53606.32750	90	279	369	94.41993	0.567	0.584	4.69310E+31	Karmaşık
53606.38421	15	30	45	8.41720	0.312	0.679	4.18373E+30	Hızlı
53606.42194	15	30	45	7.60805	0.460	0.709	3.78155E+30	Hızlı
53606.45404	15	105	120	30.81658	0.333	0.707	1.53172E+31	Karmaşık
53606.48368	15	15	30	0.14354	0.469	0.782	7.13449E+28	Hızlı
53606.49226	30	15	45	1.63955	0.476	0.770	8.14932E+29	Hızlı
53606.49851	15	15	30	3.57317	0.412	0.728	1.77603E+30	Hızlı
53606.50007	60	75	135	20.17826	0.375	0.675	1.00295E+31	Karmaşık



Çizelge 2.7: 2005 yılında B süzgecinde elde edilen flarelerin çeşitli parametreleri.

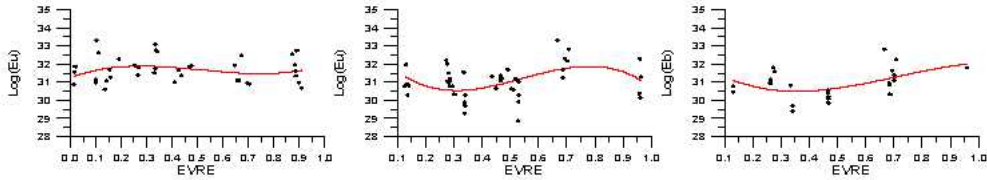
JD + 24 00000	Çıkış Süresi (sn)	İniş Süresi (sn)	Flare Süresi (sn)	P <sub>B</sub> (sn)	Genlik	Flare Enerjisi (erg)	Flare Türü
53557.52419	34	42	76	0.210	4.91929	6.51255E+30	Karmaşık
53557.55093	2	6	8	0.076	0.37175	4.92146E+29	Klasik
53557.55123	2	2	4	0.124	0.18717	2.47787E+29	Hızlı
53578.50286	45	60	105	0.088	4.19581	5.55474E+30	Karmaşık
53578.50390	30	30	60	0.099	2.03527	2.69445E+30	Hızlı
53586.50682	90	450	540	0.300	44.56053	5.89927E+31	Karmaşık
53597.47610	30	75	105	0.053	1.84430	2.44162E+30	Karmaşık
53597.47818	45	120	165	0.037	2.61601	3.46328E+30	Karmaşık
53597.48009	15	30	45	0.061	0.92724	1.22755E+30	Hızlı
53597.48113	15	15	30	0.067	0.53371	7.06566E+29	Hızlı
53597.48200	30	60	90	0.061	1.12391	1.48792E+30	Klasik
53598.35192		6214	6214	0.143	487.13847	6.44912E+32	Klasik
53598.42679	75	75	150	0.065	6.32491	8.37341E+30	Karmaşık
53598.42957	30	75	105	0.070	5.10444	6.75766E+30	Klasik
53598.43443	45	15	60	0.069	1.52235	2.01541E+30	Hızlı
53598.46529	105	330	435	0.175	31.19887	4.13035E+31	Karmaşık
53598.50020	105	195	300	0.153	18.22152	2.41231E+31	Klasik
53598.50332	15	240	255	0.068	9.01090	1.19293E+31	Karmaşık
53598.52752	90	1245	1335	0.392	130.28710	1.72484E+32	Klasik
53605.38061		570	570	0.157	48.18433	6.37902E+31	Klasik
53605.39158	120	210	330	0.176	27.95043	3.70030E+31	Karmaşık
53605.32743	165	30	195	0.089	6.08736	8.05893E+30	Karmaşık
53605.33204	75	285	360	0.063	10.52527	1.39342E+31	Karmaşık
53605.33690	120	255	375	0.053	8.33354	1.10326E+31	Karmaşık

Çizelge 2.8: 2004 ve 2005 gözlem sezonlarında elde edilmiş ışık öğeleri.

Grup	Gözlem Aralığı	Ortalama Zaman (yıl)	Süzgeç	Maksimum Evre	Minimum Evre	Maksimum Düzye (mag)	Minimum Düzye (mag)	Genlik (mag)	Ortalama Parlaklık (mag)
1.	15.07.2004 22.08.2004	2004.6767	B	0.264	0.762	11.849	11.921	0.072	11.881
2.	11.09.2004 02.11.2004	2004.8435	B	0.205	0.787	11.863	11.918	0.055	11.886
3.	02.07.2005 08.10.2005	2005.6602	B	0.799	0.219	11.857	11.903	0.046	11.883
1.	15.07.2004 22.08.2004	2004.6767	V	0.299	0.761	10.256	10.332	0.076	10.289
2.	11.09.2004 02.11.2004	2004.8435	V	0.195	0.784	10.281	10.326	0.045	10.302
3.	02.07.2005 08.10.2005	2005.6602	V	0.784	0.195	10.326	10.281	0.045	10.309
1.	15.07.2004 22.08.2004	2004.6767	R	0.348	0.769	9.086	9.168	0.082	9.121
2.	11.09.2004 02.11.2004	2004.8435	R	0.177	0.783	9.122	9.170	0.048	9.145
3.	02.07.2005 08.10.2005	2005.6602	R	0.747	0.162	9.141	9.171	0.030	9.157

2004 ve 2005 yıllarında BVR süzgeçlerinde, yüzeyindeki soğuk lekelerden kaynaklanan değişimin görüldüğü ışık eğrileri de elde edilmiştir. 2004 yılı gözlemleri, yıldızın leke minimum evresinin ve minimum ve maksimum düzey parlaklıklarının hızlı değişim gösterdiğini işaret etmektedir. Bu nedenle, 2004 gözlem sezonunda iki farklı eğri elde edilmiştir. 2004 ve 2005 gözlem sezonlarında toplam 3 ayrı ışık eğrisi elde edilmiştir. Bu eğrilerden maksimum, minimum, ortalama parlaklık ve leke minimum evreleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda iki farklı temsil yöntemi kullanılmıştır. Tüm eğriler öncelikle polinomla temsil edilmiş ve bu polinomun çözümünden ışık ögeleri bulunmuştur. İkinci olarak, eğriler fourier ile temsil edilip bu temsiller üzerinden ışık ögeleri bulunmuştur. Her iki yöntemle elde edilen ışık ögelerinin uyumlu olduğu görülmüştür. Işık ögeleri, Çizelge 2.8’de verilmiştir. Her 3 grubun BVR ışık eğrileri Şekil 2.4’de, B-V ve V-R renk eğrileri ise Şekil 2.5’de verilmiştir. Şekillerde içi dolu noktalar gözlem verisini, düz çizgi ise polinom temsilleri göstermektedir.

Flare taramasında elde edilen flarelerin ve enerjilerinin evreye göre dağılımına bakıldığında, evreye bağlı bir değişim görülmektedir. Şekil 2.6’da bu dağılımlar görülmektedir. Şekillerde içi dolu siyah noktalar, her bir flare için ayrı ayrı hesaplanan enerjileri, düz çizgi ise gözlem verisinin polinom temsili göstermektedir.

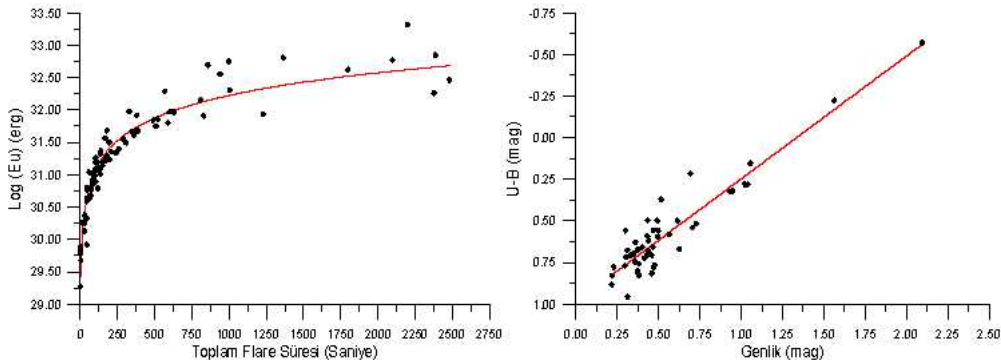


Şekil 2.6 Sırasıyla soldan sağa, 2004 yılında elde edilen U, 2005 yılında U ve B süzgeçlerinde elde edilen flarelerin ve enerjilerinin evreye göre dağılımı.

Flare enerjileri, toplam flare süresine göre Şekil 2.7’de sol panelde görüldüğü gibi logaritmik bir dağılım göstermektedir. Bu dağılım,

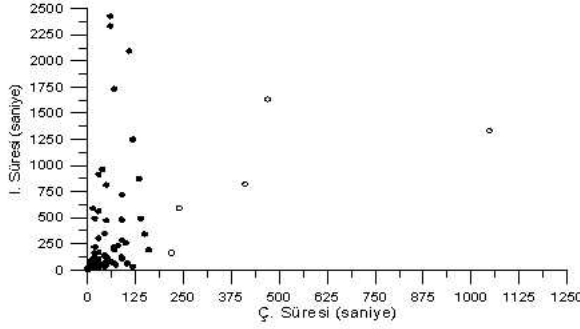
$$Y = 0.504692 \times \log(X) + 28.7355 \dots\dots\dots(4)$$

$$Y = -0.737109 \times X + 0.985085 \dots\dots\dots(5)$$



Şekil 2.7: 2004 ve 2005 yıllarında elde edilen flarelerin, enerjilerinin toplam sürelerine göre dağılımları (solda) ve 2005 yılında elde edilen flarelerin genlikleri ve U-B renkleri arasındaki ilişki (sağda).

(4) nolu logaritmik ifade ile temsil edilmiştir. (4) nulu ifadede  $X$ , flarenin toplam süresi,  $Y$  de  $Log(Eu)$  değeridir. 2005 yılında flare taramaları U ve B süzgeçlerinde yapılmıştır. Elde edilen flarelerin U süzgeçlerinde genlikleri ile U-B renkleri arasında (5) nolu eşitlikle temsil edildiği gibi doğrusal bir ilişki bulunmuştur. (5) nolu eşitlikte  $X$ , flarenin U genliğini,  $Y$  ise U-B rengini temsil etmektedir. Genlik ile U-B rengi ilişkisi Şekil 2.7'de sağ panelde gösterilmiştir.

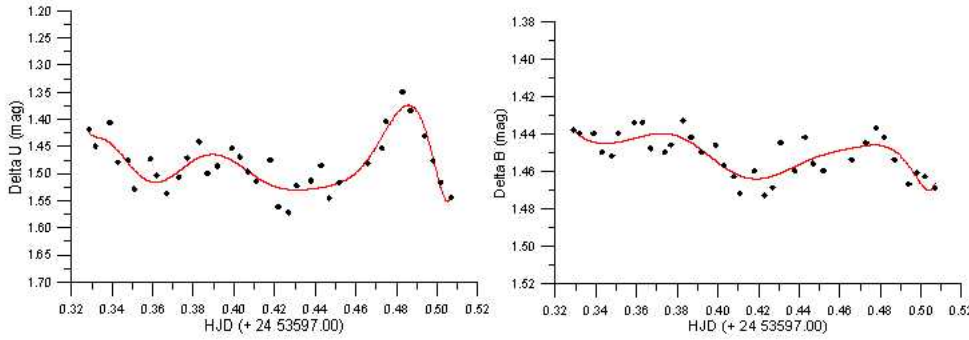


**Şekil 2.8:** 2004 ve 2005 gözlem sezonlarında elde edilen flarelerin çıkış süreleri ile iniş süreleri arasındaki ilişki.

U süzgecinde elde edilen flarelerin çıkış ve iniş süreleri karşılaştırıldığında, toplam 5 flare dışında tüm flarelerin çıkış süreleri, iniş sürelerinden uzundur. Çıkış ve iniş süreleri arasındaki ilişkinin gösterildiği Şekil 2.8' de, bu 5 flare içi boş dairelerle gösterilmiştir.

Flare taramalarında, her bir gözlem gecesinde elde edilen flareler çıkarılınca, geriye kalan gecelik ışık eğrilerinde belirli dönem ve genliklerde yarı düzenli değişimler görülmüştür. Her iki gözlem sezonunda U süzgecinde ve 2005 gözlem sezonunda B

süzgecinde de bu değişimler görülmektedir. 2005 yılındaki U ve B süzgeçlerindeki değişimler eş yönlüdür.



**Şekil 2.9** 5 Temmuz 2005 gecesi yapılan gözlemlerde elde edilen flareler çıkarılınca, geriye kalan ışık değişimi. Sol panel U, sağ panel B süzgecinde yapılan gözlem.

5 Temmuz 2005'de yapılan flare taramasında elde edilen flareler çıkarılınca, geriye kalan gecelik ışık eğrisinde de değişimler görülmüştür. Flareler çıkarıldıktan sonra 0.005 gün aralıklarla ortalamalar alınıp, elde edilen eğriler polinomla temsil edilmiştir. U ve B süzgeçleri için elde edilen eğriler, Şekil 2.9'da verilmektedir. Şekil 2.9'da içi dolu noktalar 0.005 gün aralıklı ortalamaları, düz çizgi ise bu ortalamaların polinom temsilini göstermektedir.

**Çizelge 2.9:** 2004 ve 2005 yılı flare taramalarında, gecelik değişimler içerisinde parlaklığın arttığı, azaldığı ve maksimum ile minimum düzeyde olduğu zaman dilimlerinde elde edilen flare sayıları.

2004 Yılı U Süzgeci	Flare Sayısı	2005 Yılı U Süzgeci	Flare Sayısı
Parlaklık Minimum Düzeydeyken	5	Parlaklık Minimum Düzeydeyken	6
Parlaklığın Arttığı Aralıkta	15	Parlaklığın Arttığı Aralıkta	8
Parlaklık Maksimum Düzeydeyken	17	Parlaklık Maksimum Düzeydeyken	16
Parlaklığın Azaldığı Aralıkta	1	Parlaklığın Azaldığı Aralıkta	16

Benzer şekilde tüm flare taramalarına bakıldığında, U süzgecinde yaklaşık  $0^m.05$  ile  $0^m.1$ ; B süzgecinde  $0^m.01$  ile  $0^m.1$  aralığındaki genliklerde ve birkaç 10 dakika ile bir – iki saat aralığındaki sürelerde parlaklık değişimleri görülmektedir. Elde edilen flarelerin bu gecelik parlaklık değişimlerinin hangi evresinde ortaya çıktığı incelendiğinde, hem 2004 hem de 2005 gözlem sezonlarında flarelerin genelde, gecelik değişimlerde parlaklığın maksimumda olduğu zaman dilimlerinde ortaya çıkma eğiliminde olduğu görülmüştür. Çizelge 2.9’da, gözlenen flarelerin sayısının bu parlaklık düzeylerine göre dağılımı görülmektedir.

### 3. Tartışma ve Sonuç

İki yıllık gözlem sezonu boyunca EV Lac, UBVR süzgeçlerinde gözlenmiştir. BVR süzgeçlerinde, yıldızın yüzeyindeki leke kaplı alanların hızla değiştiğini gösteren 3 ayrı ışık eğrisi elde edilmiştir. U ve 2005’de B süzgecinde de olmak üzere flare taramaları yapılmıştır. 2004 yılında U süzgecinde 38 tane, 2005 yılında U’da 48 ve B’de 24 flare gözlenmiştir. 2005 yılında gözlenen flarelerin 2’sinde, flare ışık eğrilerinde çıkış kolu olarak adlandırılan atımlı evreler gözlem başlamadan önce gerçekleştiği için bu flarelerde yalnızca iniş kolu elde edilebilmiştir. Bu 2 flare, çıkış süreleri boş bırakılarak çizelgelerde yer almaktadır fakat, grafiklerde yer almamaktadır.

BVR ışık eğrileri ve flare ışık eğrileri değerlendirildiğinde EV Lac’ın güçlü manyetik aktivite gösterdiği ortadadır. Leke aktivitesindeki hızlı değişim her üç süzgeçteki ışık eğrisinin maksimum, minimum, genlik ve ortalama parlaklık düzeyinin değişimiyle ortaya koymaktadır. Çizelge 2.8’den de görüleceği üzere, 15.07.2004 ile 08.10.2005 tarihleri arasında her üç süzgeçte de maksimum parlaklık azalmış, minimum parlaklık düzeyi ise yükselmiştir. Dolayısıyla genlikte de bir azalma görülmektedir. Işık eğrilerinde ortalama parlaklık düzeyi ise azalmıştır. Bu değişimler, yıldızın yüzeyinde parlaklık değişimlerinde karanlık lekelerin baskın yapılar olduğunu göstermektedir. Minimum parlaklıktaki artış, leke kaplı bölgelerde leke aktivite düzeylerinin azaldığını; maksimum düzey ve genlikteki azalma ise yıldızın yüzeyinde leke kaplı alanların genişlediğini göstermektedir.

Şekil 2.2 ve 2.3’de elde edilen bazı flare ışık eğrilerine örnekler görülmektedir. Bu ışık eğrilerinden de görüldüğü gibi, yıldızın atmosferinde ortaya çıkan flareler farklı değişim karakterleri göstermektedir. Genelde hızlı bir parlaklık artışı yavaş bir azalış izlese de bazı flarelerde parlaklık, yıldızın sakin parlaklık düzeyine inmeden tekrar artmaktadır. Bu flare olaylarını tetikleyen mekanizmalar hakkında ip uçları taşımaktadır.

U bandında elde edilen flarelerin genlikleri ile flarelerin maksimum düzeylerindeki renkleri arasında doğrusal bir ilişki vardır. Genlik arttığında renk mavileşmektedir. Bu ilişki (5) nolu ifade ile temsil edilmiştir. Bu doğrunun eğimi, flare genliği ve rengi arasındaki ilişkiye bağlı olmakla birlikte gözlem yapılan poz süresine de bağlıdır. Tovmassian ve ark. (1997) tarafından yapılan çalışmada, 10 ve 0.1 saniye poz sürelerinde yapılan gözlemlere göre ayrı ayrı oluşturulan renk-genlik eğrilerinin eğimlerinin farklı olduğu ortaya çıkmaktadır [11]. Bunun nedeni, kısa poz süresi verildiğinde, elde edilen ışık eğrilerinde flare genliklerinin gerçek değerine daha yakın olarak daha büyük çıkmasından kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi, flarelerin atımlı evresinde ve flarenin ışık eğrilerinde parlaklığın azaldığı, iniş kolu olarak ortaya çıkan flare ana evresinin hemen başında parlaklıklar hızlı değişim göstermekte ve bu değişimin en doğru şekilde elde edilebilmesi açısından çok küçük poz sürelerinde gözlem yapmak gerekmektedir. Bu çalışmadaki gözlemlerde, gecelik sinyal ve gürültü oranları da göz önüne alınarak en olası poz süreleri kullanılmıştır.

Flare toplam süreleri ile ortaya çıkan toplam enerji arasında da ilişki görülmektedir. Şekil 2.7’de sol panelde görüldüğü üzere, flare toplam süresi ile toplam enerji arasında logaritmik bir ilişki vardır. Toplam süresi küçük olan flarelerde, flare süresindeki küçük bir artış enerjide büyük artışa karşılık gelirken, uzun süreli flarelerde enerji değişimi çok yavaş olmaktadır. Uzun süreli flarelere bakıldığında, bunların genelde klasik flarelerden çok, parlaklığın yavaş yavaş arttığı ve azaldığı flare olayları olduğu görülmektedir. Klasik, hızlı ve

karmaşık ışık eğrilerine sahip flareler ile yavaş parlaklık artışı ve azalışı görülen flare olayları arasındaki fark, Şekil 2.8'den de görülmektedir. Şekilden görüldüğü üzere flare olaylarında, diğer flarelere göre çıkış süreleri oldukça uzun sürmektedir.

Flare taramalarında elde edilen flareler gecelik ışık eğrilerinden çıkarıldığında, yıldızın sakin düzeyindeki parlaklıkta da düzensiz değişimler olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu değişimler, literatürdeki diğer çalışmalarda elde edilen değişimlere [17, 18] benzemektedir. Süre ve genlik olarak düzensizlikler göstermektedirler. Flarelerin bu parlaklık değişimlerine göre ne zaman ortaya çıktığı incelendiğinde; flarelerin, parlaklığın maksimum olduğu veya maksimuma yakın olduğu zamanlarda ortaya çıktığı görülmektedir. Bu, flare tetikleme mekanizmaları ve flare sonrasında yıldızın yüzeyindeki ısı dengesinin durumu hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu değişimlerde parlaklık artışı yıldızın yüzeyinde, flare ortaya çıkan bölgelerin flare öncesinde ısınmasından kaynaklanıyor olabilir.

EV Lac, 4.375 gün'lük dönme dönemine sahiptir. Kleinman ve ark. (1987) tarafından verilen aşağıdaki ışık eğrilerine göre flare evreleri hesaplandığında [19], hem U hem de B süzgecindeki flarelerin belirli evrelerde değil hemen hemen her evrede ortaya çıktıkları görülmektedir. 2004 gözlem sezonunda U süzgecinde ve 2005 gözlem sezonunda U ve B süzgeçlerinde elde edilen flare ve flare enerjilerinin ışık eğrisindeki evreye dağılımı Şekil 2.6'da görülmektedir. Bu şekillerde, flarelerin her evrede ortaya çıkabildikleri görülmektedir ancak, ortaya çıkan flarelerin enerjileri göz önüne alındığında ilginç bir sonuç ortaya çıkmaktadır. Şekil 2.6 ve Şekil 2.4'de görülen ışık eğrileri karşılaştırıldığında; büyük enejili flareler leke maksimum evresinde ortaya çıkma eğiliminde oldukları görülmektedir. Bu beklenmeyen bir sonuçtur. Güneş'te flare olayları genelde lekelerle kaplı aktif bölgelerde ortaya çıkmaktadır. Literatürde flare yıldızlarında flare-leke ilişkisi üzerine yapılan çalışmalarda leke ve flare aktiviteleri arasında net ilişki olmadığı görülmektedir. Pettersen ve ark. (1983) tarafından EV Lac ve YZ CMi nin 1979-1981 yıllarında yapılan flare ve leke gözlemlerinde leke minimum ve flare evreleri arında belirgin bir ilişki olmadığı belirtilmiştir. Yazarların çalışmasında verilen Şekil 5 dikkatli incelenirse, leke minimum evresinin çıkış kolunda ve maksimum evrelerinde orta çıkan flarelerin eşdeğer sürelerinin daha büyük olduğu görülmektedir. (2) ve (3) eşitliklerine dikkat edilirse; flare eşdeğer süresinin, flare toplam enerjileri ile doğrusal ilişki gösterdiği görülür. Dolayısıyla bu çalışmada bulunan ilişkiye benzer bir ilişki, aslında Pettersen ve ark. (1983)'ün çalışmasında da dolaylı olarak görülmektedir.

## Kaynaklar

- [1] Rodono, M., (1986), The Atmospheres of M-dwarfs: Observations, in The M-type Stars (NASA SP-492, Washington, DC), 409-453.
- [2] Mirzoyan, L. V., (1990), IAUS, 137, 1M.
- [3] Pigatto, L., (1990), IAUS, 137, 117P.
- [4] Skumanich, A., (1972), ApJ, 171, 565.
- [5] Marcy, G. W. and Chen, G. H., (1992), ApJ, 390, 550M.
- [6] Pettersen, B. R., (1991), MmSAI, 62, 217P.
- [7] Stauffer, J. R., (1991), Amey. Conf., 117S.
- [8] Gershberg, R. E., (2005), "Solar-Typr Activity in Main-Seqeuence Stars", Springer Berlin Heidelberg, New York, p.53, p.192, p.194, p.360.
- [9] Hudson, H. S. and Khan, J. I., (1997), ASPC, 111, 135H.
- [10] Gurzadyan, G. A., (1988), ApJ, 332, 183G.
- [11] Tovmassian, H. M., Recilla, E., Cardona, O., Zalinian, V. P., (1997), RMxAA, 33, 107T.
- [12] Osten, R. A., Hawley, S. L., Allred, J. C., Johns-Krull, C. M., Roark, C., (2005), ApJ, 621, 398O.
- [13] Batyrshinova, V. M., Ibragimov, M. A., (2001), AstL, 27, 29B.
- [14] Alekseev, I. Y., (2005), Ap, 48, No.1.
- [15] Mavridis, L. N. and Avgoloupis, S., (1986), A&A, 154, 171M.
- [16] Ishida, K., Ichimura, K., Shimizu, Y., Mahasenaputra, (1991), Ap&SS, 182, 227I.
- [17] Andrews, A. D., (1989), A&A, 210, 303A.

- [18] Andrews, A. D., (1991), *A&A*, 245, 219A.
- [19] Kleinman, S. J., Sandmann, W. H., Ambruster, C. W., (1987), *IBVS*, No.3031.
- [20] Landolt, A. U., (1992), *AJ*, 104, 340L.
- [21] Gershberg, R. E. (1972), *Astrophys. Space Sci.* 19, 75.
- [22] Pettersen, B. R., Kern, G. A., Evans, D. S., (1983), *A&A*, 123, 184P.