

HD 208472 YILDIZININ 18 YILLIK IŞIKÖLÇÜMÜ

Orkun Özdarcan^{1*}, Serdar Evren¹, Klaus G. Strassmeier², Thomas Granzer²
ve Gregory W. Henry³

¹ Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İzmir

² Astrophysikalisches Institut Potsdam (AIP), An der Sternwarte 16 D-14482
Potsdam, Almanya

³ Center of Excellence in Information Systems, Tennessee State University (TSU),
3500 John A. Merritt Blvd., Box 9501, Nashville, TN 37209, USA

Özet Bu çalışmada, RS CVn türü SB1 sistem HD 208472'nin 18 yıllık ışıkölçüm verisinin analizi verilmiştir. 18 yılı kapsayan Johnson V verisi, kesikli zaman aralıklarında elde edilmiş geniş band renk ölçekleri ile beraber değerlendirilerek, yıldızdaki olası uzun dönemli aktivite çevrimleri araştırılmıştır. Analizler, yıldızın ortalama parlaklığında 20 yıldan daha uzun dönemli bir çevrime işaret ederken, orta zaman ölçeğinde de yaklaşık 6 yıllık bir çevrimin varlığı bulunmuştur. Her yıla ilişkin ışık eğrilerine dönem analizi ve O-C analizi yöntemleri uygulanarak fotometrik dönem, ışık eğrisi genliği, ortalama parlaklık ve aktivite çevrimleri arasındaki ilişki araştırılmış, sonuç olarak genlik ve dönemin, ortalama parlaklıkla beraber 6 yıllık çevrimsel bir değişim gösterdiği bulunmuştur. Genlik - minimum parlaklık diyagramı yardımıyla lekesiz parlaklık düzeyi tahmin edilmiş ve 2009 yılında sistemin maksimum parlaklığının, lekesiz parlaklık düzeyine çok yakın olduğu ($V=7.323$ mag) gözlenmiştir. Ayrıca 18 yıllık ışık eğrisi verisi alt gruplara bölünerek her grup için leke modellenmesi yapılmıştır. Model sonuçlarına göre lekelerin görüldüğü yörünge evrelerinin de 6 yıllık çevrimsel bir değişim gösterdiği görülmüştür. Modelden bulunan leke enlemleri ve fotometrik dönemlerin ışığında yıldızın diferansiyel dönmesi araştırılmıştır.

1 Giriş

HD 208472 yıldızı (G8 III, $V = 7^m.4$), ilk olarak 1991 yılında W. Bidelman tarafından, kuvvetli Ca II H & K salmasının keşfedilmesi ile dikkat çekmeye başlamıştır. İlerleyen zamanlarda Henry ve ark. (1995) yıldızın fotometrik değişimini keşfetmiş, 22.54 günlük bir fotometrik dönem ve 22.6 günlük yörünge dönemi ölçmüşlerdir. Elde ettikleri yüksek çözünürlüklü tayf ile yıldızı G8 III olarak sınıflamışlardır. Yıldıza ilişkin yörünge dönemi ve yörünge öğeleri Fekel ve ark. (1999) tarafından tekrar çalışılmış ve yörünge dönemi daha duyarlı olarak 22.62293 gün ölçülmüştür. Aynı çalışmada yıldızın tayf türü G8 III olarak teyit edilmiştir. Yıldızın fotometrik verisi artıkça ilginç karakteri kendini belli

* e-mail:orkun.ozdarcan@ege.edu.tr

etmeye başlamıştır. Strassmeier ve ark. (1999) 1996 ve 1997 verilerinde ışık eğrisi genliğinde 0.12 kadirde 0.07 kadire kadar bir azalma gözlemişlerdir. Yıldızın bu davranışı en aktif yıldızların tipik özelliklerinden biridir. Weber ve ark. (2001) ilk ve aynı zamanda günümüze kadar yapılan tek Doppler haritalama çalışmasını yapmıştır. Haritalarda leke aktivitesinin baskın olarak orta ve düşük enlemlerde bulunduğu gözlenirken, diğer hızlı dönen dev yıldızlarda gözlenen kutup lekeleri gözlenmemiştir. Yıldıza ilişkin diferansiyel dönme katsayısını sheared-image yöntemi ile $\alpha = -0.04 \pm 0.02$ olarak bulmuşlar, ancak tüm Doppler görüntüleri göz önüne alındığında ölçüm hataları büyüdüğü için diferansiyel dönme hakkında net bir sonuç söylememişlerdir. Bu çalışmada, yıldıza ilişkin 18 yıllık ışıkölçüm verisi analiz edilerek yıldız üzerindeki olası çevrimsel değişimler araştırılmış, ayrıca fotometrik dönem, ışık eğrisi genliği, ortalama parlaklık ve olası çevrimler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Aynı zamanda her yıla ilişkin ışık eğrilerinin leke modellenmesi yapılarak yıldızın diferansiyel dönmesi de araştırılmıştır.

2 Gözlemler

Yıldıza ilişkin fotometrik veri üç ayrı kaynaktan derlenmiştir. Güney Arizona'da Fairborn Gözlemevi'nde Tennessee State Üniversitesi'ne (TSU) ait 0.4 m otomatik fotoelektrik teleskop (APT) 18 yıllık Johnson BV verisi ile katkıda bulunurken, 1996'dan 2009'a kadar 13 yıllık Johnson-Cousin VIc verisi Viyana Üniversitesi-Potsdam Astrofizik Enstitüsü'ne (AIP) ait olan ve yine Fairborn Gözlemevi'nde çalıştırılan 0.75 m APT Amadeus teleskobundan toplanmıştır. Son olarak Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde (EUO) 48 cm Cassegrain teleskobuna (A48) ve 30 cm Schmidt Cassegrain teleskobuna (T30) bağlı SSP5 fotometre ile çeşitli yıllarda Johnson *UBVR* ve Strömgren *wby - β* verisi elde edilmiştir. Fotometrik gözlemler özet olarak Çizelge 1.'de verilmiştir. TSU ve AIP gözlemlerine ilişkin teknik bilgi ve indirgemeler Henry (1995) ve Strassmeier ve ark. (1997) kaynaklarında bulunabilir.

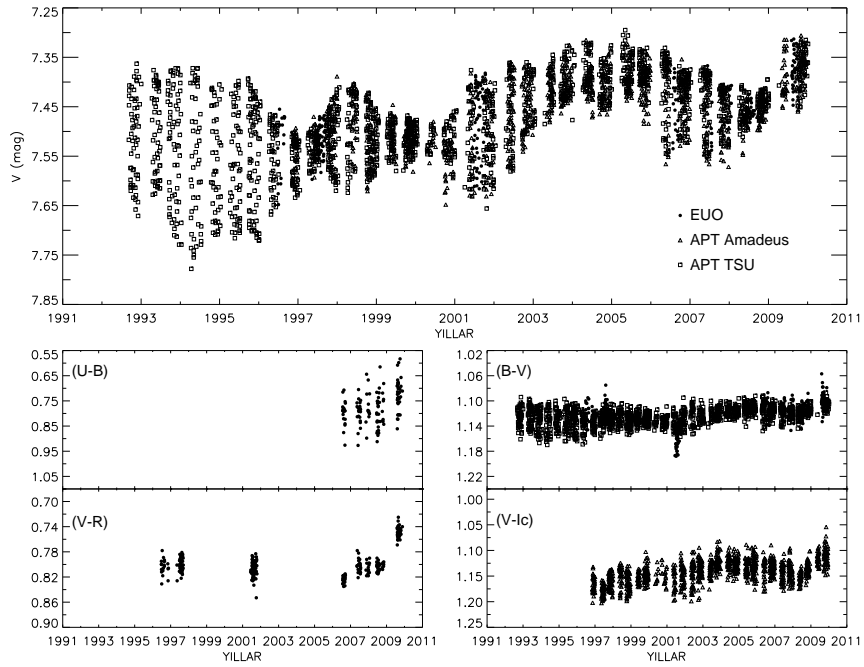
Çizelge 1. Fotometrik gözlemlerin özeti. Hatalar, 5500 Angström civarı için mili kadir cinsinden verilmiştir.

Teleskop	Süzgeç	Zaman Aralığı	Nokta Sayısı	Hata
0.40m TSU APT	BV	1992.50-2009.99	1691	4
0.75m Amadeus APT	VIc	1996.80-2010.10	1418	3.2
0.48m EUO A48	BVR	1996.50-1997.70	66	6
0.30m EUO T30	BVR	2001.50-2001.70	64	6
0.30m EUO T30	UBVR	2006.50-2009.90	132	8
0.30m EUO T30	<i>wby - β</i>	2009.59-2009.81	36	7

EUO gözlemlerinde, gecelik yapılan 6 veya 8 parlaklık ölçümünün ortalaması, o geceye ilişkin yıldızın parlaklığı olarak kabul edilmiştir. Tüm gözlemler için, Hardie (1962) tarafında verilen yöntemle atmosfer sönükleştirme düzeltmesi

yapılmıştır. 2009 yılında T30 teleskobunda yapılan standart yıldız gözlemleri ile aletsel katsayılar belirlenmiş ve tüm EUO gözlemleri standart düzeneğe taşınmıştır.

TSU ve EUO veri setlerinde aynı mukayese yıldızı HD 208916 kullanılırken AIP verisinde aynı yıldız denet yıldızı olarak kullanılmıştır. Tüm ölçümleri ortak bir ölçekte verebilmek için AIP veri tabanından değişen - denet yıldız ölçümleri göz önüne alınmış ve sonuçta değişen yıldızın, aynı mukayese yıldızına göre parlaklık ölçümleri elde edilmiştir. EUO standart yıldız gözlemleri yardımıyla tüm Johnson V verisi ve renk ölçekleri standart düzeneğe taşınmıştır. Standart düzenekteki gözlemler Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. HD 208472 yıldızına ilişkin fotometrik verinin toplu gösterimi. İçi dolu noktalar EUO gözlemlerini, içi boş üçgenler AIP Amadeus gözlemlerini ve içi boş kareler TSU gözlemlerini simgeler.

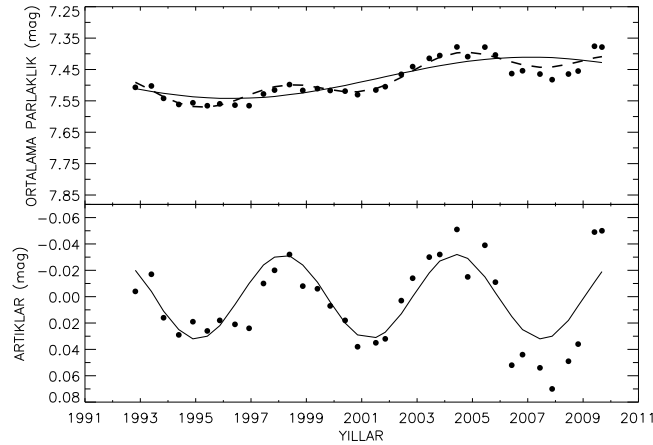
3 Fotometrik Veriye Genel Bakış

Şekil 1 incelendiğinde, uzun zaman ölçeğinde Johnson V verisi parlama eğilimi gösterirken renk ölçeklerinin de mavileştiği görülür. Minimum ışığın maksimum ışığa göre daha fazla parladığı da açıkça görülebilir. Maksimum parlaklık düzeyleri, büyük genlik değişimlerinin gözlemlendiği zamanlar dışında genel olarak kararlı

bir görüntü çizer. $B - V$ ve $V - Ic$ renk ölçekleri, Johnson V verisi ile eş yönlü değişim gösterirken, bu değişim $B - V$ 'de görece daha küçük genliklidir. Bu bulgular ışığında, renk ölçeklerinde gözlenen değişimlerin, sıcak plaj veya faküla yapıları yerine soğuk lekelerin varlığından kaynaklandığı söylenebilir.

4 Fotometrik Analiz

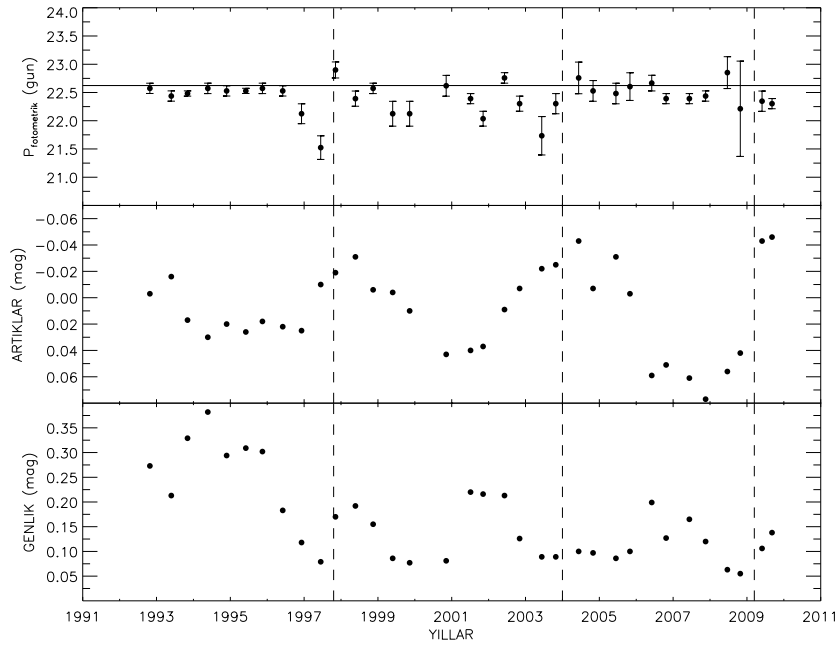
Yıldız üzerindeki olası uzun dönemli çevrimleri araştırmak için 18 yıllık Johnson V verisine Fourier analizi uygulanmıştır. Şekil 1'deki parlama eğilimi 21.5 ± 0.5 yıllık bir dönemle temsil edilebilir. Bu dönem, veri setinin kapsadığı zaman aralığından uzun olmasına rağmen, Güneş'te gözlenen Gleissberg çevrimi gibi uzun dönemli bir çevrime işaret edebilir. 21.5 yıllık değişimin veriden arındırılmasından sonra tekrar uygulanan Fourier analizi bu kez 6.28 ± 0.06 yıllık bir parlaklık değişim dönemi vermiştir. Bu ikinci dönem veri setinin uzunluğu ile değerlendirildiğinde mantıklı görünmekte ve Güneş'teki 11 yıllık leke çevrimine benzer bir çevrime işaret etmektedir. Bulunan bu iki dönemin kuramsal temsilleri, Şekil 2'de yıldızın veri gruplarına ilişkin ortalama parlaklık değişimi ile beraber gösterilir.



Şekil 2. HD 208472 yıldızının veri gruplarına ilişkin ortalama parlaklık (noktalar) değişimi. Üst panelde sürekli çizgi 21.5 yıllık dönemi temsil ederken, kesikli çizgi 21.5 yıl ve 6.28 yıllık dönemlerin bileşkesini temsil eder. Alt panelde, 21.5 yıllık dönem tüm veriden arındırıldıktan sonra kalan artıklar (noktalar) ve 6.28 yıllık dönemin temsili (sürekli çizgi) gösterilir.

Şekil 2'de gösterilen veri gruplarına ilişkin ortalama parlaklıklar (noktalar), Johnson V verisinin 35 alt gruba ayrılması ile hesaplanmıştır. Verinin alt gruplara bölünerek incelenmesi, fotometrik dönem, ışık eğrisi genliği ve ortalama parlaklıkta mevsimsel olarak meydana gelen değişimlerin net bir biçimde ortaya koyulmasını sağlar. Alt gruplara ayrıca fotometrik dönem analizi uygulanarak

ışık eğrisi genliği ve fotometrik dönemler hesaplanmıştır. Fotometrik dönem analizine geçilmeden önce 21.5 yıllık dönem veriden arındırılmıştır. Bu uzun dönemli değişim eğiliminin kaynağı tam olarak bilinmemekle beraber gözlemciye kendini sürekli gösteren ve yıldızın dönmesi ile değişimi olmayan bir etki olduğu tahmin edilir (kutup lekesi, yıldız etrafını saran leke şeridi veya günümüz fotometrik duyarlılığıyla çözümlenemeyen geri zemin lekeliği gibi). Bu etki veriden arındırılırsa, geriye sadece, fotometrik dönem analizinde araştırılması düşünülen, dönme ile değişen leke veya leke gruplarının etkisi kalır. Fotometrik dönem hesaplanırken, Vanmunster (2007) tarafından hazırlanan PERANSO programı kullanılmıştır. Işık eğrileri, bir dönme çevrimi içinde genelde asimetrik veya çift minimumlu olduğu için, dönem analizinde Fourier analizi yerine, daha etkili ve istatistiksel bir yöntem olan ANOVA (Schwarzenberg-Czerny (1996)) kullanılmıştır. Fotometrik dönem analizi sonuçları Çizelge 2’de verilmiş ve Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. HD 208472 yıldızına ilişkin fotometrik dönem analizi sonuçları. Üst paneldeki yatay sürekli çizgi yörünge dönemini gösterir. Orta panelde, 21.5 yıllık dönem tüm veriden arındırıldıktan sonra kalan artıklar (noktalar) gösterilir. Düşey kesikli çizgilerin açıklaması için metine bakınız.

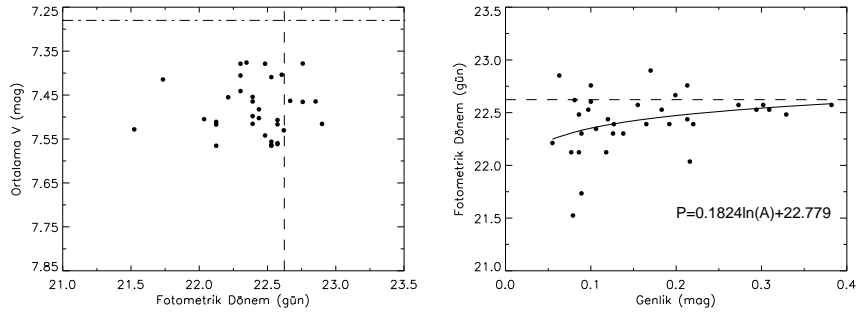
Şekil 3’ün üst paneli incelendiğinde, fotometrik dönemlerin çoğunlukla yörünge döneminden daha kısa olduğu görülür. Buna göre, Güneş benzeri diferansiyel dönme varsayımı yapılırsa co-rotation enleminin orta-üst enlemlerde bu-

Çizelge 2. Fotometrik dönem analizi sonuçları

Grup No	Yıl	Dönem (gün)	Genlik (mag)	Artıklar (mag)
1	1992.82	22.573 ± 0.091	0.273	-0.003
2	1993.40	22.437 ± 0.091	0.213	-0.016
3	1993.84	22.482 ± 0.046	0.329	0.017
4	1994.39	22.573 ± 0.092	0.382	0.030
5	1994.90	22.528 ± 0.091	0.294	0.020
6	1995.42	22.528 ± 0.046	0.309	0.026
7	1995.87	22.573 ± 0.092	0.302	0.018
8	1996.42	22.528 ± 0.091	0.183	0.022
9	1996.93	22.124 ± 0.176	0.118	0.025
10	1997.47	21.524 ± 0.209	0.079	-0.010
11	1997.86	22.899 ± 0.142	0.170	-0.019
12	1998.39	22.391 ± 0.135	0.192	-0.031
13	1998.87	22.573 ± 0.092	0.155	-0.006
14	1999.40	22.124 ± 0.220	0.086	-0.004
15	1999.86	22.124 ± 0.220	0.077	0.010
16	2000.40
17	2000.86	22.619 ± 0.184	0.081	0.043
18	2001.48	22.391 ± 0.090	0.220	0.040
19	2001.86	22.036 ± 0.131	0.216	0.037
20	2002.42	22.758 ± 0.093	0.213	0.009
21	2002.86	22.302 ± 0.134	0.126	-0.007
22	2003.45	21.734 ± 0.340	0.089	0.022
23	2003.83	22.302 ± 0.179	0.089	0.025
24	2004.42	22.758 ± 0.280	0.100	0.043
25	2004.83	22.528 ± 0.183	0.097	0.007
26	2005.42	22.482 ± 0.182	0.086	0.031
27	2005.83	22.604 ± 0.245	0.100	0.003
28	2006.39	22.666 ± 0.139	0.199	0.059
29	2006.82	22.391 ± 0.090	0.127	0.051
30	2007.42	22.391 ± 0.090	0.165	0.061
31	2007.88	22.437 ± 0.091	0.120	0.077
32	2008.42	22.852 ± 0.282	0.063	0.056
33	2008.83	22.212 ± 0.844	0.055	0.042
34	2009.40	22.346 ± 0.180	0.106	0.043
35	2009.80	22.302 ± 0.090	0.138	0.046

lunacağı tahmin edilebilir. Fotometrik dönemde ani değişimlerin gözleendiği, ortalama parlaklığın maksimuma yakın olduğu ve genliklerin görece küçük olduğu zamanlar düşey kesikli çizgilerle işaretlenmiştir. Kesikli düşey çizgilerle belirlenen zaman dilimleri incelendiğinde, bu dilimlerin, 6.28 yıllık dönem ile çok benzer zaman ölçeklerinde olduğu görülür. Fotometrik dönemde ani değişimler gözlenirken ortalama parlaklık maksimuma çok yakındır ve genlikler düşüktür. Tüm bunlar yıldız üzerinde çevrimsel bir sürecin varlığına işaret eder ve daha önce bulunan 6.28 yıllık çevrim düşüncesini destekler.

Güneş'te 11 yıllık leke çevrimi boyunca, dönem-parlaklık-genlik arasında bir ilişki gözlenir. Çevrim başında az sayıda leke görece yüksek enlemlerde bulunur ve diferansiyel dönme nedeniyle daha uzun dönemlere sahiptir. Çevrim maksimuma ulaştığında lekelerin sayısı artar, lekeler orta enlemlere hareket eder (ve daha kısa dönemlere sahip olur) ve fakülta katkısı nedeniyle Güneş'in parlaklığında az da olsa artma meydana gelir. HD 208472 üzerinde buna benzer bir ilişkinin olup olmadığı araştırılmıştır. Şekil 4'te fotometrik dönem-ortalama parlaklık ve genlik-fotometrik dönem diyagramları gösterilir.



Şekil 4. HD 208472 yıldızına ilişkin fotometrik dönem-ortalama parlaklık (sol panel) ve genlik-fotometrik dönem (sağ panel) diyagramları. Sol paneldeki yatay kesikli noktalı çizgi tahmini lekesiz parlaklığı gösterirken, her iki panelde görülen kesikli çizgi yörünge dönemini gösterir.

Şekil 4 incelendiğinde fotometrik dönem ve ortalama parlaklık arasında net bir ilişki olmadığı görülür. Buna karşın, genlikle beraber fotometrik dönemin azalma eğiliminde olduğu görülür ki bu da bir leke çevriminin bitiminin (veya başlangıcının) işareti olarak yorumlanabilir. Genlik değişimi, diferansiyel dönme etkisi ile yıldızın yüzeyinde lekelerin yeniden dağılması ile de gözlenebilir ancak HD 208472 için çevrimsel ortalama parlaklık değişimi leke çevrimi yorumunu destekler.

5 Leke Modellemesi

Işık eğrilerinin, bir dönme çevrimi boyunca genelde asimetric veya çift minimumlu desen göstermesi nedeniyle leke modellemesi için iki leke modeli benimsenmiştir. Budding (1977) tarafından verilen leke modeli Ribárik ve ark. (2003) tarafından uygulanan SpotModel programı ile uygulanmıştır. Leke modeli, önceki bölümde anlatıldığı gibi 21.5 yıllık dönemi arındırdıktan sonra elde edilen artıklara uygulanmıştır. Modellemeye başlamadan önce mevcut $B - V$ ve $V - Ic$ renk ölçekleri kullanılarak SpotModel programı ile leke sıcaklıkları belirlenmiştir. Tüm yıllar için ortalama leke sıcaklığı $3900 \pm 275K$ ve buna karşılık gelen lekeli ve lekesiz fotosfer arasındaki akı oranı $kw = 0.454$ olarak belirlenerek leke modelinde sabit parametre olarak kabul edilmiştir. 35 alt grup içinde sadece 2000.40 yılına ait 16. grup, çok küçük genliğe sahip olması nedeniyle modellenememiştir. Model sonuçları Çizelge 3'te gösterilmiştir. Leke modelinden bulunan boylamların yıllara göre dağılımı Şekil 5'in üst panelinde gösterilmiştir. Gösterimde kolaylık olması amacıyla 0 veya 360 dereceye yakın olan boylam değerlerine 360 derece eklenmiştir.

Şekil 5'teki en dikkat çekici özellik, lekelerin yaklaşık 6 yılda bir buldukları boylamları değiştirmesidir. Bir başka dikkat çekici nokta da lekelerin yörünge evreleri olarak ortalama 0.25 veya 0.75 evreleri seçmesidir. Lekelerin 6 yılda bir yer değiştirmesi, önceki bölümlerde değinilen leke çevrimi düşüncesine kuvvetli bir kanıt daha sağlar. Leke konumlarındaki bu değişim "flip-flop" dinamo davranışı için de bir kanıttır (Elstner ve Korhonen (2005)). Günümüze kadar iki "flip" ve bir "flop" olayı gözlenmiştir ve ikinci "flop" olayının 2015-2016 yılları civarında gözlenmesi beklenmektedir.

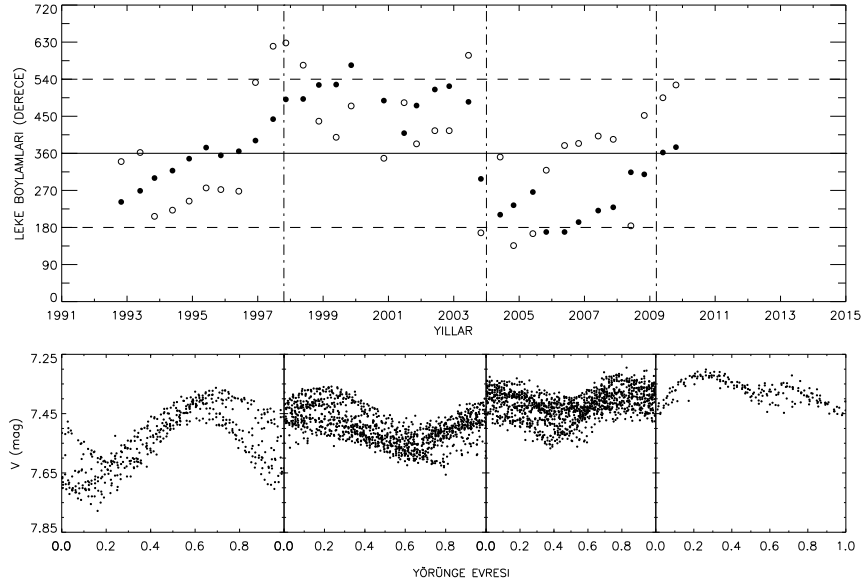
Leke modelinden bulunan leke enlemleri ve fotometrik dönem analizinden bulunan dönemler kullanılarak, Güneş türü diferansiyel dönme varsayımıyla, yıldızla ilişkin diferansiyel dönme katsayısı hesaplanabilir. Her iki lekeden ortalama olarak hesaplanan diferansiyel dönme katsayısı $\alpha = 0.004 \pm 0.010$ ve eşlek dönme dönemi $P_{eq} = 22.395 \pm 0.114$ olarak bulunmuştur.

6 Sonuç

HD 208472'nin 18 yıllık ışıkölçüm verisinin analizinde, yıldızın, 11 yıllık Güneş leke çevrimine benzer olarak 6.28 yıllık bir çevrime sahip olduğuna dair kuvvetli kanıtlar bulunmuştur. Bununla beraber uzun zaman ölçeğinde, Güneş'teki Gleissberg çevrimine benzer olarak, 21.5 yıllık bir çevrimin daha işaretleri bulunmuştur. Ancak bu çevrimin doğrulanabilmesi için gözlemlerin devam etmesi gerekmektedir. Leke modeli sonuçlarına göre lekeler, buldukları boylamları yaklaşık 6 yıllık bir dönemle değiştirmektedirler. Bu bulgu, 6.28 yıllık çevrim düşüncesi ile oldukça uyumludur. Son olarak 2009 civarında gözlenen konum değiştirmenin (flip) karşılığı (flop) 2015-2016 yılları civarında beklenmektedir. Yine leke modelinden bulunan enlemler ve fotometrik dönemler birlikte değerlendirildiğinde, yıldızın diferansiyel dönme katsayısı $\alpha = 0.004 \pm 0.010$ olarak bulunur ki Güneş'e kıyasla bu değer 50 kat daha küçüktür.

Çizelge 3. Leke model sonuçları. Değerler derece biriminde verilmiştir.

Yıl	1. Leke			2. Leke		
	Enlem	Boylam	Yarıçap	Enlem	Boylam	Yarıçap
1992.82	42	242	33	48	340	23
1993.40	43	269	33	30	2	12
1993.84	47	300	40	18	207	18
1994.39	38	318	42	19	222	22
1994.90	28	347	34	35	244	28
1995.42	47	14	36	41	276	26
1995.87	49	355	38	38	272	20
1996.42	44	5	27	59	268	21
1996.93	55	31	25	51	172	9
1997.47	42	83	18	22	260	12
1997.86	42	131	28	60	268	22
1998.39	41	132	25	4	214	20
1998.87	59	166	28	50	78	17
1999.40	63	167	23	7	39	8
1999.86	14	214	16	46	115	10
2000.40
2000.86	64	128	22	2	348	21
2001.48	45	49	26	39	123	22
2001.86	63	116	35	52	23	9
2002.42	26	155	29	43	55	20
2002.86	44	163	23	43	55	20
2003.45	51	125	21	20	238	15
2003.83	53	298	22	45	167	20
2004.42	47	211	23	37	351	19
2004.83	54	234	21	56	136	16
2005.42	58	266	21	21	165	16
2005.83	33	169	20	46	319	17
2006.39	41	169	31	31	19	11
2006.82	17	193	24	1	24	13
2007.42	35	221	28	3	42	11
2007.88	46	229	24	48	34	9
2008.42	60	314	19	55	184	17
2008.83	53	309	16	52	92	9
2009.40	38	2	24	35	135	23
2009.80	11	15	25	59	166	20



Şekil 5. HD 208472 yıldızına uygulanan iki leke modelinden bulunan boylamların yıllara göre dağılımı (üst panel) ve yörünge dönemine göre evrelendirilmiş ışık eğrileri (alt panel). Üst paneldeki düşey kesikli çizgiler Şekil 3'teki düşey kesikli çizgilerle aynı anlamı taşırken, yatay sürekli çizgi yıldızların kütle merkezlerini birleştiren çizginin boylamını gösterir ve yatay kesikli çizgiler ise bir dönme çevrimini sınırlar. Alt paneldeki evrelendirilmiş ışık eğrileri, önce üst paneldeki bölümlene zamanları göz önüne alınarak zamana göre gruplandırılmış ve sonra evrelendirilmiştir.

Kaynaklar

- Budding, E.: *Ap&SS* **48** (1977) 207
Elstner, D., Korhonen, H.: *AN* **326** (2005) 278
Fekel, F.C., Strassmeier, K.G., Weber, M., Washuettl, A.: *A&AS* **137** (1999) 369
Hardie R. H. in Hiltner W. A., ed., *Astronomical Techniques* Chicago Univ. Press, Chicago, (1962) p. 178
Henry, G.W., Fekel, F.C., Hall, D.S.: *AJ* **110** (1995) 2926
Henry, G.W.: in G.W. Henry, J.A. Eaton (eds.), *Robotic Telescopes. Current Capabilities, Present Developments, and Future Prospects for Automated Astronomy*, ASPC **79** (1995) p. 44
Ribárik, G., Oláh, K., Strassmeier, K. G.: *AN* **324** (2003) 202
Schwarzenberg-Czerny, A.: *ApJ* **406L** (1996) 107
Strassmeier, K.G., Serkowitsch, E., Granzer, T.: *A&AS* **140** (1999) 29
Strassmeier, K.G., Boyd, L.J., Epan, D.H., Granzer, T.: *PASP* **109** (1997) 697
Vanmunster, A.: (2007), <http://www.peranso.com/>
Weber, M., Strassmeier, K.G., Washuettl, A. in: R.E. Schielicke (ed.), *JENAM 2001: Astron. Ges. Abstract Series* **18** (2001) 89