

MM Her'in Fotometrik Işık Değişimlerine Leke ve Fakulaların Katkısı

Serdar EVREN, Günay TAŞ, Cafer İBANOĞLU

Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100 Bornova-İzmir
e-mail: sevren@astronomy.sci.ege.edu.tr

ÖZET: RS CVn türü örten çift MM Herculis 1997 gözlem sezonu içinde Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin 48 cm. lik Cassegrain teleskobuyla B, V, R filtreleri kullanılarak 21 gece gözlenmiş ve ışık ve renk eğrileri elde edilmiştir. Sistemin parlaklığı ve rengindeki uzun dönemli değişimler 1976-1997 yılları arasında elde edilen 12 ışık ve renk eğrisinin incelenmesiyle ortaya çıkarılmıştır. B-V renk eğrilerindeki değişimlerin nedeninin yıldız lekelerini saran parlak fotosferik fakular yapıları olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sistem en sönük olduğunda, en mavidir. Daha soğuk bileşen üzerinde bulunan iki leke veya leke grubu için 5.8 ve 5.9 yıllık göç dönemleri bulunmuştur. Soğuk bileşen üzerinde 180° lik boylam farkı ile yerleşmiş olan lekeler birbirlerine yaklaşık 6 yıllık bir dönemle yaklaşıp uzaklaşırlar. Lekelerin birbirlerine yaklaştığı durumda ışık eğrilerinin genliği artar, sistemin ortalama parlaklığı azalır ve ortalama rengi daha mavi olur.

1. Giriş

RS CVn türü örten bir sistem olan MM Her, fotometrik olarak ilk Tsesevich (1954) tarafından gözlenmiş daha sonra Oliver (1974), Hall (1977), Popper (1980), Sowell et al. (1983) ve Evren (1985, 1987a,b) tarafından ışık değişimleri incelenmiştir. Sistem Imbert (1971) tarafından da tayfsal olarak çalışılmıştır. MM Her'in detaylı tarihçesi Evren (1985)'te verilmiştir. Tutulmalar dışında görülen dalga biçimi bozulmanın göç dönemi Sowell et al. (1983) tarafından 7.5 yıl, Evren (1987a) tarafından 3.57 yıl ve Heckert & Ordway (1995) tarafından 7.6 yıl olarak hesaplanmıştır. Sistemin baş minimumu Sowell et al. (1983) tarafından parçalı tutulma olarak elde edilirken, Evren (1985) iki saat süren bir tam tutulma gözlemiştir. Baş minimumun derinliğinin 1983-1985 yılları arasında sürekli azaldığını gösteren Evren (1987a) yan minimumdaki değişimin çok belirgin olmadığını ifade etmiştir.

Bu çalışmada MM Her'in 1997 yılında elde edilen B, V, R gözlemleri yer almakta ve elde edilen ışık ve renk eğrilerinde (B-V, V-R) görülen değişimler ortaya konmaktadır. Bundan başka, diğer yıllarda yapılan gözlemlerin karşılaştırması yapılmakta ve fotometrik değişimlerin sonuçlarına yer verilmektedir. Ayrıca, 1976-1997 yılları arasında gözlenen her bir evrenin ışık ve renk değişimleri incelenerek yıldız fotosferinde görülen karanlık ve parlak bölgelerin ışık ve renge katkısı incelenmekte ve sistemin ortalama parlaklık ve renk değişimlerine etki eden faktörler ortaya konmaya çalışılmaktadır.

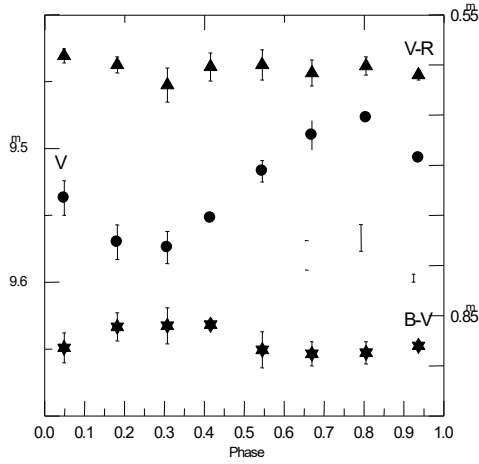
2. Gözlemler

MM Her (BD +22° 3245) sistemi Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin 48 cm'lik Cassegrain tipi teleskobuyla 16 Temmuz-22 Eylül 1997 tarihleri arasında 21 gece boyunca B, V, R süzgeçlerinde gözlenmiş ve her süzgeç için 94 gözlem noktası elde edilmiştir. Gözlemlerde R4457 PMT (fototüp) kullanılmıştır. Daha önceki yıllarda olduğu gibi mukayese yıldızı olarak BD +21° 3274 ve denet yıldızı olarak BD +22° 3250 seçilmiş, gözlemler bu yıldızlara göre atmosfer dışına indirgenmiş ve mukayese yıldızının ışığının değişmediği saptanmıştır. Daha sonra mukayese yıldızının parlaklığı standart düzeneğe dönüştürülmüş ve kadir biriminde olmak üzere;

$$\begin{aligned} V &= 8.463 \pm 0.005, \\ B-V &= 0.714 \pm 0.005, \\ V-R &= 0.539 \pm 0.001 \end{aligned}$$

değerleri bulunmuştur. Aynı mukayese yıldızını kullanan Sowell et al. (1983)'nın 1976-1980 yılları arasında elde ettiği gözlem değerleri IAU Commission 27-yayınlanmamış veri dosyası, sayı 110'dan ve 1983-1985 yıllarına ait gözlem verileri Evren (1986)'dan alınarak 1997 gözlemleriyle birlikte bu değerlere göre standartlaştırılmıştır. Sowell et al. (1983)'nin set C olarak geçen data seti farklı mukayeseye göre yapıldığından çalışmamıza dahil edilmemiştir. Sistemin ışık ögeleri,

$$\text{MinI}=\text{JD}(\text{HeI}) \quad 2445551.4336 \pm 4 \quad + \quad 7^{\text{d}}.960358^{\text{m}} \pm 4^{\text{s}}$$



Şekil 1. MM Her'in 1997 yılında elde edilmiş ışık ve renk (B-V, V-R) eğrileri. Düşey çubuklar standart sapmaları temsil etmektedir.

Evren (1985)'den alınmış ve tüm gözlem noktalarına ilişkin hesaplamalarda bu değerler kullanılmıştır.

MM Her'in 1997 yılında elde edilen ortalama ışık ve renk eğrileri Şekil 1'de gösterilmektedir. Sistemin tutulmalar dışındaki parlaklık ve renk değişimleri ile bunların aralarındaki ilişki araştırılmak istendiğinden sistemin tutulma gösteren evreleri özellikle gözlenmemiştir. Aynı nedenle, ileri bölümlerde karşılaştırmalı olarak incelenen ışık eğrilerinde de tutulma gözlemleri dikkate alınmamıştır. Şekil 1'den görüldüğü gibi sistemin 1997 yılında V filtresinde elde edilen ortalama ışık eğrisi RS CVn türü yıldızların genel özelliği olan sinüs benzeri dalga biçimi bozulmayı çok belirgin olarak ortaya koyar. Sistemin ışığı yaklaşık 0.26 evrede bir minimum, 0.80 evrede bir maksimum gösterir. Işık eğrisinin genliği yaklaşık $0^m.1$ dir. Renk eğrileri incelendiğinde farklı iki durumla karşılaşılır. B-V renk eğrisi ışığın en az olduğu evrede maksimum yani mavileşme gösterirken V-R renk eğrisi kızıllaşma gösterir. B-V eğrisinin genliği 0.03 kadirdir, V-R eğrisinin genliği ise 0.02 kadirdir.

3. Fotometrik Değişimler

3.1. Işık ve Renk Eğrileri (1976-1985)

MM Her'in 1976 yılından 1985 yılına kadar yapılan B, V gözlemleri toplanmış standartlaştırılarak karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. 1976-1980 (set A-K) yılları arasında yapılan gözlemler Sowell et al. (1983)'den, 1983-1985 yılları arasında yapılanlar ise Evren (1986)'dan alınmıştır. 1997 yılı dahil toplam 12 yıla ilişkin gözlem noktalarından ortalama ışık ve renk eğrileri elde edilmiştir. 1976-1985 ışık ve renk eğrileri "free hand curve" ile en iyi şekilde temsil edilmiş, her bir eğri üstünden 0.05 evre aralıklarıyla parlaklık ve renk değerleri okunmuştur. Dolayısıyla her bir evrede gözlem yapılmış gibi daha güvenilir eğriler oluşturulmuştur. Bu eğrilerden okunan fotometrik parametreler toplu olarak Çizelge 1'de verilmektedir. Çizelgenin birinci sütununda farklı kaynaklardan alınan data setleri; ikinci sütununda, gözlemlerin ortalama yıl değerleri verilmektedir. Üçüncü ve dördüncü sütunlarda V bandında elde edilen ışık eğrilerinin hatalarıyla birlikte ortalama ve minimum parlaklık değerleri, beşinci sütunda bu eğrilerin genlikleri verilmektedir. Çizelgenin 6. ve 7. sütunları, sistemin rengine ilişkin verileri içermektedir. Önce sistemin ortalama renk değerleri hataları ile birlikte verilmiştir. Daha sonraki ise sistemin en sönük görüldüğü evredeki renk değerleridir. 8. ve 9. sütunlarda ise ışık eğrilerindeki bozulmaları yaratan birinci ve ikinci lekelerin maksimum etkiyi yaptığı evreler gösterilmektedir. Son sütunda ise iki leke arasındaki evre farkları verilmiştir. Dikkat edilirse sistem 1978 (set G), 1980 (set J) ve 1997 yıllarında ikinci bir leke etkisine sahip değildir. Işık ve renk eğrileri incelendiğinde 1997 yılında elde ettiğimiz değişimlere benzer değişimler görülmüştür. Işık eğrilerinin minimum yaptığı evrelerde sistemin rengi (B-V) 0.02-0.04 kadar mavileşmektedir. Örneğin set B, D, G, K ve

Çizelge 1. MM Her için Fotometrik Parametreler

Veri Seti	Ortalama Yıl	Ortalama Parlaklık (V mag)	Minimum Parlaklık (mag)	Genlik (mag)	Ortalama Renk (B-V)	Mavileşme (mag)	Leke 1	Leke 2	Fark
Set A	1976.49	9.531 ±0.015	9.562	0.052	0.899 ±0.002	0.903	0.00	0.45	0.45
Set B	1976.67	9.533 ±0.030	9.572	0.074	0.890 ±0.013	0.882	0.82	0.33	0.49
Set D	1977.45	9.519 ±0.042	9.589	0.130	0.866 ±0.015	0.853	0.72	0.05	0.33
Set F	1977.58	9.540 ±0.046	9.612	0.127	0.875 ±0.008	0.863	0.72	0.04	0.32
Set G	1978.40	9.522 ±0.040	9.567	0.108	0.880 ±0.008	0.865	0.68	-	-
Set H	1979.64	9.515 ±0.030	9.563	0.093	0.880 ±0.008	-	0.46	0.78	0.32
Set J	1980.24	9.510 ±0.039	9.572	0.112	0.884 ±0.011	0.875	0.32	-	-
Set K	1980.61	9.508 ±0.027	9.560	0.080	0.881 ±0.011	0.870	0.26	0.70	0.44
Evren	1983.54	9.537 ±0.042	9.600	0.135	0.849 ±0.015	0.853	0.74	0.20	0.46
Evren	1984.52	9.537 ±0.048	9.615	0.153	0.848 ±0.009	0.833	0.56	0.92	0.36
Evren	1985.56	9.541 ±0.055	9.623	0.158	0.847 ±0.012	0.831	0.41	0.77	0.36
Bu çalışma	1997.62	9.528 ±0.035	9.578	0.100	0.875 ±0.012	0.859	0.26	-	-

Set A-K: IAU Com.27 Veri Dosyası No: 110 (Sowell et al. 1983); Evren: Evren (1986)

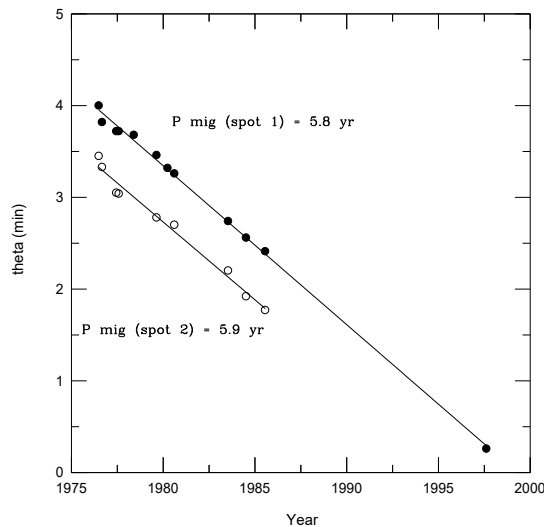
1983, 1984, 1985 gözlemlerinde bu durum daha belirgindir.

3.2. Göç Dönemi

Işık eğrilerinde görülen dalga benzeri bozulmaların minimum yaptığı evrelerin yıllara göre azalan evrelere kayarak göç etmesi, lekelerin yıldız yüzeyinde diferansiyel dönmeden dolayı eşleğe doğru hareketini açıklamaktadır. Üç ışık eğrisi dışındaki tüm eğrilerde iki leke veya leke grubunun etkisi görülmektedir. Bu lekelerden daha fazla ışık kaybını yaratan birinci leke olarak adlandırılırken, diğer ışık kayıplarının ikinci lekeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Birinci ve ikinci lekelerin görüldüğü evrelerin yıllara göre değişimi Şekil 2'de gösterilmektedir. Değişimlere lineer fit uygulanarak aşağıdaki eşitlikler bulunmuştur;

1. Leke için $\theta_{\min} = -0.173 \cdot (t-1900) + 17.21$
 ± 3 ± 5
2. Leke için $\theta_{\min} = -0.170 \cdot (t-1900) + 16.32$
 ± 9 ± 9

Bu eşitlikler kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda 1. leke için 5.8 yıl, 2. leke için 5.9 yıllık bir göç dönemi bulunmuştur. Birbirlerine çok yakın olan bu değerler, farklı boylamlara yerleşmiş lekelerin aynı hızlarda eşleğe doğru hareket ettiklerini göstermektedir. Bulduğumuz bu değerler daha önce verilen değerlerden farklıdır. Sowell et al. (1983), Evren (1987a) ve Heckert & Ordway (1995) tarafından sırasıyla 7.5, 3.57 ve 7.6 yıl olarak verilen göç dönemi çalışmalarında 2. lekeye ilişkin bir göç döneminden hiç söz edilmemektedir. MM Her'in gözlenen minimum evreleri yaklaşık aynı eğimli iki doğru üzerinde sıralanmaktadır. Bu durum

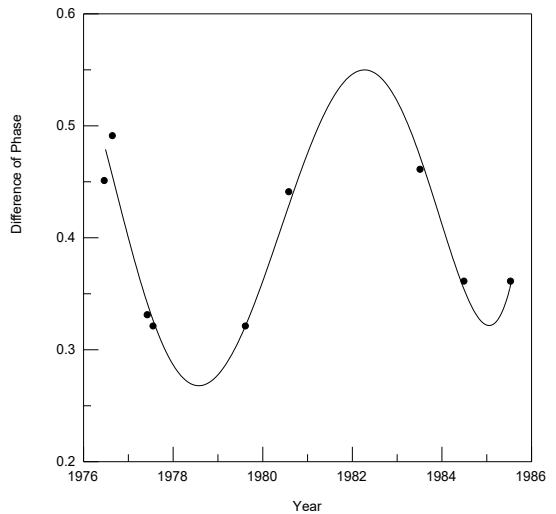


Şekil 2. Leke 1 ve Leke 2 için göç eğrileri

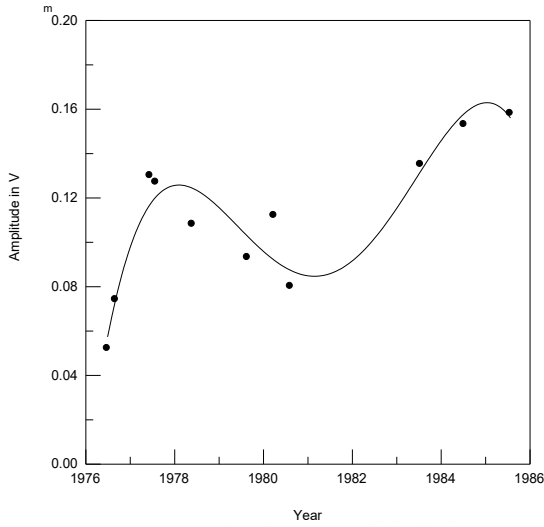
uzun-yaşamlı iki aktif boylam olarak tanımlanmaktadır. Benzer yapılar son zamanlarda EI Eri, II Peg, Sigma Gem ve HR 7275 üzerinde de bulunmuştur (Berdyugina & Tuominen, 1998).

3.3. Lekelerin Dağılımı ve Etkisi

Soğuk yıldızın yüzeyine yerleştirilen lekelerin oluşum yerleri zaman içinde değişmektedir. MM Her'de görülen iki leke grubunun 1976-97 yılları arasında farklı evrelerde etkisini gösterdiğini bir önceki bölümde vermiştik. Acaba bu lekelerin görüldüğü evrelerden giderek, farklı boylamlara yerleşmiş leke gruplarının yıllar içinde birbirlerine göre hareketleri saptanabilir mi? Her bir leke grubunun görüldüğü evreler arasındaki farkın değişimi bize bu sorunun yanıtını verecektir. Eğer farklı boylamlara yerleşmiş leke grupları arasındaki evre farkı değişmiyorsa, lekeler yıldızın yüzeyinde aynı boylam farkını koruyarak yaşamlarını sürdüreceklerdir. Ancak, MM Her'de bu işlem yapıldığında leke gruplarının zamanla birbirlerine yaklaştıkları görülmüştür. Farklı boylamlarda yer alan leke gruplarının görüldüğü evreler arasındaki farkların yıllara göre değişimi Şekil 3'de gösterilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi leke grupları 1978-79 yılları arasında ve 1985 yılında birbirlerine yaklaşık 0.3 evre (108°) kadar yaklaşmışlardır. 1976 ve 1982 yıllarında ise leke grupları birbirlerinden en uzak konumda 0.5 evre (180°) bulunurlar. Sinüs benzeri değişimin dönemi yaklaşık 6 yıldır ve bu değer lekelerin göç dönemleriyle uyusmaktadır. Farklı enlemlere yerleşmiş lekeler diferansiyel dönmeden dolayı eşleğe doğru kayarlarken daha alt enleme yerleşmiş lekelerin eşleğe yaklaşımı daha çabuk olacağından, boylamsal yer



Şekil 3. Lekelerin görüldüğü evreler arasındaki farkın değişimi değiştirmesi diğerine göre daha hızlı olacaktır.



Şekil4. MM Her' in yıllara göre genlik değişimi

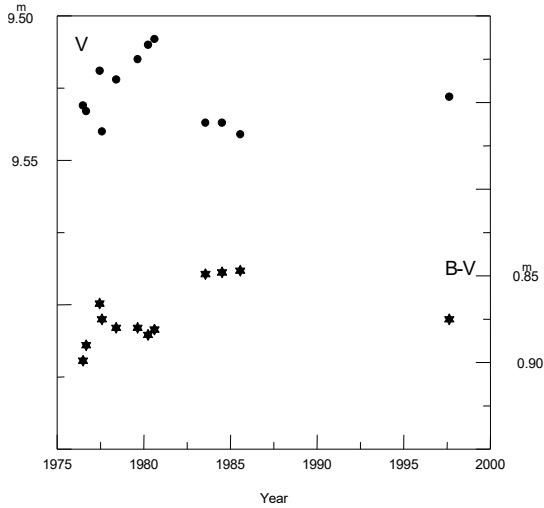
Dolayısıyla farklı enlemde ancak boylamsal olarak birbirlerine daha yakın iki leke grubu gözlenmiş olacaktır.

Leke gruplarının birbirlerine yaklaştıkları yıllarda ışık eğrilerindeki biçim değişikliği araştırıldığında önemli sonuçlara varılmıştır. Birincisi, leke gruplarının birbirine yakın boylamlarda yerleştiği yıllarda, ışık eğrilerinin genliği artmaktadır. MM Her'in V bandında elde edilen ışık eğrilerinin yıllara göre genlik değişimi Şekil 4'de gösterilmektedir. 1977-1978 ve 1985 yıllarında genlik maksimum değerlere (sırasıyla 0.14 ve 0.16 kadir) ulaşırken 1982'de 0.06 kadirde kalmaktadır.

Aktif bölgelerin yaklaşmasının ikinci etkisi sistemin ortalama parlaklığında bir değişime neden olmaktadır. MM Her'in yıllara göre ortalama parlaklık ve ortalama rengin değişimi Şekil 5'de gösterilmektedir. Sistem 1977-78 ve 1985 yıllarında en sönük olurken 1982' de en parlak görülmektedir; yani, leke gruplarının birbirine yakın olduğu yıllarda sistemin aktivitesi artmakta ve sistem daha sönük olarak görülmektedir. Bu durumda sistemin ortalama rengi incelenirse beklenenin tersine yaklaşık aynı yıllara denk gelen yerlerde ortalama parlaklıkla zıt yönlü bir renk değişimine rastlanır. Aktif bölgelerin yaklaşması sistemin rengini mavileştir-mektedir. Sistem en sönükken en mavi, en parlakken ise en kırmızı görünmektedir. Bu durum lekeleri saran, fotosfere göre daha sıcak fakular yapının veya fakular networkün işleme sokulmasıyla anlaşılabilir.

4. Sonuçlar ve Tartışma

1997 yılında 21 gece boyunca B, V ve R filtrelerinde yapılan gözlemlerle sistemin ışık ve



Şekil5. MM Her'in ortalama parlaklık ve ortalama renk değişimi.

renk eğrileri elde edilmiş ve bu eğriler daha önce elde edilen ışık ve renk eğrileriyle topluca incelemeye alınarak sistemin tutulmalar dışına ait uzun dönemli ışık ve renk değişimleri ortaya konmuştur. Sistem, RS CVn türü yıldızların ışık eğrilerinde görülen dalga biçimi bozulmaları ortaya koyarken, birçok benzerinden farklı olarak ışık ve renk değişimlerinde eş yönlü değişim göstermemektedir. Sistemin ışık (V) eğrisinin genliği yaklaşık $0^m.1$ dir. B-V eğrisi, parlaklığın en az olduğu lekeli evrede $0^m.03$ bir mavileşme gösterirken V-R eğrisi aynı evrede $0^m.02$ kızıllaşma gösterir. Işık ve renk eğrilerinin genlikleri için bulunan değerler Henry et al. (1995) tarafından K0 IV civarındaki yıldızlar için önerilen değerlerle uyum içindedir. Eğer, ortalama parlaklık değişimi yüzey parlaklığındaki değişimin sonucu ise B-V'deki genlikler, V'deki genliklerin yaklaşık dörtte biri kadar olmalıdır. Sistemin ışığını azaltan bozucu etkiler eğer yalnız soğuk lekelerle ilişkili olsaydı, parlaklığın en az olduğu yerlerde rengin de kızıllaşması gerekirdi. Ancak, bu kızıllaşma yalnızca V-R eğrisinde görülmektedir. B-V'deki mavileşmenin nedeni soğuk lekelerle ilişkili olamaz. Güneş'de de görüldüğü gibi lekeleri saran, fotosfere göre daha sıcak bölgeler olarak adlandırılan fakular B-V renginde daha baskın olmaktadır. Diğer yıllarda elde edilen ışık ve renk eğrilerini de incelediğimizde gözden kaçan bu durumu görebiliyoruz. Işık eğrilerinin minimum yaptığı evrelerde sistemin B-V'si 0.02-0.04 mag kadar mavileşmektedir. Ne yazık ki bu yıllarda yapılan gözlemlerden V-R elde edilemediğinden kızıllaşmalar hakkında destek alamıyoruz. Geri-tür yıldızların ortalama renklerine kromosferik aktivitenin etkisi üzerine Amado ve Byrne (1997)'in yaptığı bir çalışmada aktif yıldızlarda görülen UV artığının kökeni üzerine öneriler sunulmaktadır. UV artığını üreten işlemlerin *flare*,

kromosferik salma, x-ışın ardalan ısınması ve fakula olabileceği üzerinde durulmaktadır. Fotosferden daha parlak ve daha sıcak olan fakulalar yıldızın rengini mavileştirir. Bu etki, daha düşük etkin sıcaklıklı yıldızlarda fakulalarla fotosfer arasında kontrast daha büyük olduğu için daha ileri düzeyde olur.

İncelediğimiz 12 ışık eğrisinden yalnız üçünde ikinci leke etkisine rastlanmazken diğer eğrilerde iki leke veya leke grubunun etkisinden kaynaklanan bozulmalara rastlanmaktadır. Birinci ve ikinci lekeler yıldızı diferansiyel dönmesinden dolayı azalan evrelere doğru sırasıyla 5.8 5.9 yıllık dönemlerle göç etmektedir. Daha önce yalnız birinci lekeye ilişkin yapılan göç dönemi çalışmalarında 7.5 yıl (Sowell et al., 1983), 3.57 yıl (Evren, 1987a) ve 7.6 yıl (Heckert & Ordway, 1995) bulunmuştur.

Farklı boylamlara yerleşmiş olan leke veya leke gruplarının yıllar boyunca yaptığı hareketler incelenmiş 1978.5 ve 1985 yıllarında bu lekelerin birbirlerine yaklaşık 0.3 evre kadar yaklaştıkları görülmüştür. 1976 ve 1982 yıllarında ise leke grupları birbirlerinden en uzak konumlarda (aralarındaki evre farkı 0.5) yer almaktadır. Henry et al. (1995)'nin diğer kromosferik aktif yıldızların gözlemsel delillerinden giderek buldukları sonuca göre, yıldız lekelerinin oluşumu birbirlerinden 180° farklı boylamlar üzerinde olmaktadır. Bu durum uzun-yaşamlı, rigid yapıli aktif boylamların belirteci olarak kabul edilmektedir. Yıldız üstündeki kuadrantlar aktif, aktif olmayan, aktif ve aktif olmayan biçiminde sıralanmıştır. Diğer bir sonuca göre; eğer, aktif boylamlar bir çift sistemdeki merkezleri birleştiren çizgiye göre ayarlanmışsa bu rigid yapı durağan olarak kalır. Lekelerin birbirlerine göre yakınlaşmaları yaklaşık 6 yıllık bir dönemle değişme göstermektedir. Bu değişimin dönemi göç dönemiyle de yaklaşık eşittir. Leke gruplarının birbirlerine yaklaşmasını Aktif Bölgelerin Yakınlaşması (ABY) olarak tanımlarsak, ABY'nin sistemin ışık eğrilerine, ortalama parlaklık ve rengine etkisi aşağıdaki sonuçları bulmamızı sağlamıştır:

- Işık eğrilerinin genliği yaklaşık 0^m.08 kadar artmaktadır.
- Sistem en sönük düzeye inmektedir.
- Sistem en mavi olmaktadır.

Böyle bir durumu ortaya koyan fotosferik yapı, lekeler ile fakulaların ortak etkisiyle açıklanabilir. Aktif bölgelerin yakınlaşmasıyla bu bölgeler arasında kurulan network yapı daha baskın olmaktadır. Dorren ve Guinan (1990)'nın aktif yıldız V711 Tauri üzerine yaptığı çalışmalarda da benzer sonuçlara rastlanmaktadır. V711 Tau' nun ortalama parlaklığı (V) azaldığında renk ölçeğinde mavileşme görülmektedir. Aynı

zamanda aktivite düzeyini belirleyen kromosferik ve geçiş bölgesi çizgi salmaları en büyük olduğu zaman yıldız en parlak olmaktadır. Eğer, yıldız lekeleri parlaklık değişimine tek başına katkıda bulunsaydı zıt bir ilişki beklenirdi. Bu değişim, fotosferde görülen fakular yapıların yıldız ışığına ve rengine katkısına bağlanmaktadır. Foukal ve Lean (1986, 1988)'nin güneş ışınımına aktif bölge fakula ve fakular networkün katkısını ortaya koyması, aktif yıldızlarda görülen ışık ve renk değişimlerinin açıklanmasını kolaylaştırmaktadır. Güneş' in ışınım gücü değişimi karanlık lekelerden ziyade parlak fotosferik yapılar olan fakulalar tarafından kontrol edilmektedir. Ortalama parlaklık ile renk arasındaki ilişki belirli evrelerin uzun dönemli değişimlerinde de görülmektedir. Bu evrelerin parlaklık ve renk değişimleri incelen-diğinde, sistem yaklaşık yan minimum evresinde (sıcak ve küçük yıldız bize göre öndeyken) 0^m.04 kadar daha sönük ve 0^m.01 kadar da daha mavi görünmektedir. Tutulmalarla ilgisi olmayan bu tür değişimler, ışık eğrilerinin minimum parlaklıkları ve bu parlaklıklara karşılık gelen renk değişimlerinin evreye göre değişimleri incelendiğinde de karşımıza çıkmaktadır. Bu değişimlere göre de sistem yaklaşık yan minimum civarında en sönük ve en mavi olmaktadır. Ayrıca, lekeler eğer 0.5 evrede görünüyorsa bu ışık eğrilerinin genliğinde de artış olmaktadır.

Sistemin özellikle 0.5 evre civarında yapılmış tayf çalışmalarına gereksinim vardır. İleride yapılacak fotometrik ve tayf çalışmaları MM Her'in gizemini daha iyi ortaya koyacaktır. Tayf çalışmaları lekeleri saran fakulaların varlığını ve yapısını da ortaya koyacaktır. Sistemin uzun süreli hassas UBVR ölçümleri parlaklık-renk ilişkisini daha iyi ortaya koyacaktır. Bu tür sistemlerin özellikle renk eğrilerinde düzensizlik gibi görünen değişimlerinde fakular yapının etkisi zor da olsa araştırılmalıdır. Işık ve renk eğrilerinde yalnız lekelerin değil leke-fakula ilişkisinin tek tek katkısı ortaya konabilirse, bu yapıların fotosferdeki dağılımları daha iyi anlaşılabilir.

Teşekkür: Bu çalışma üzerine yaptığı faydalı yorumlar için Prof.Dr. Zeynel Tunca'ya ve Doç.Dr. Rennan Pekünlü'ye ve gözlemlerde yardımları geçen tüm öğrencilerimize; çalışmayı destekleyen TÜBİTAK-BAYG ve Ege Üniversitesi Araştırma Fon Saymanlığı Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Amado P.J., Byrne P.B., 1997, *A&A*, **319**, 967

Berdyugina S.V., Tuominen I., 1998, *A&A*, **336**, L25
Dorren J.D., Guinan E.F., 1990, *ApJ*, **348**, 703
Evren S., 1985, *Ap&SS*, **108**, 113
Evren S., 1986, *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi, Bornova, İzmir
Evren S., 1987a, *Ap&SS*, **137**, 151
Evren S., 1987b, *Ap&SS*, **137**, 357
Foukal P., Lean J., 1986, *ApJ*, **302**, 826
Foukal P., Lean J., 1988, *ApJ*, **328**, 347
Hall D.S., Henry G.W., Burke E.W., Mullis J.L., 1977, *IBVS*, No.1311
Heckert P.A., Ordway J.I., 1995, *AJ*, **109**, 2169
Henry G.W., Eaton J.A., Hamer J., Hall D.S., 1995, *Ap&SS*, **229**, 185
Imbert M., 1971, *A&A*, **12**, 155
Oliver J.P., 1974, *Ph.D. Thesis*, University of California, Los Angeles
Popper D., 1980, *Ann.Rev.A&A*, **18**, 115
Sowell J.R., Hall D.S., Henry G.W., Burke E.W. Jr, Milone E.F., 1983, *Ap&SS*, **90**, 421
Tsesevich V.P., 1954, *Odessa Ivz.*, **4**, Part 2, 116