

HV Aqr (BD-03°5183) Örtün Değişen Çift Yıldızının Dönem ve Işık Eğrisi Analizi*

Birol GÜROL ve İ. Ethem DERMAN

A.Ü.F.F. Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100, Tandoğan-ANKARA
e-mail: birol@astro1.science.ankara.edu.tr

ÖZET: HV Aqr (BD-03°5183) sistemi, A.Ü. Ahlatlıbel Gözlemevi'nde 1994, 1995 ve 1998 yıllarında B ve V renklerinde olmak üzere toplam 11 gece gözlemi yapılmıştır. Literatürden ve gözlemlerimizden elde edilen 28 adet minimum zamanı kullanılarak yeni ışık elemanları hesaplanmıştır. Wilson-Devinney-1992 programının Macintosh sürümü kullanılarak ışık eğrisi analizi yapılmış ve sonuçları verilmiştir.

1. Giriş:

İlk defa Hutton (1992), küçük gezegenlerin dönme dönemleri ile ilgili yaptığı bir çalışmada, kullandığı mukayese yıldızının (GSC5198.0659, BD-03°5183, $V=9^m.8$, $\alpha_{2000}=21^h21^m24^s.9$, $\delta_{2000}=-3^{\circ}09'38''.4$) ışığında değişim olduğunu görmüştür. Çalışmasında bu sistemin değişim türü ve dönemi hakkında bir bilgi vermemiştir. Fakat sistemin (B-V)=0.70±0.065 renk ölçeğini hesaplayarak sistemin tayf türünün G5 olabileceğini belirtmiştir.

Daha sonra Schirmer & Geyer (1992), sistemin W UMa türü ışık değişimi gösterdiğini belirtmiştir. İkinci minimumda iken sistemin parlaklığının 0.37 kadir kadar azaldığı ve tutulmanın parçalı olduğu belirtilmiştir. Aynı araştırmacılar, sistemin ışık eğrisinin biçiminin ve minimum derinliklerinin 40 gün içerisinde yaklaşık 0.04 kadir kadar değişim gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Transit şeklinde oluşan birinci minimumun derinliği, yaklaşık 0.40 kadir kadardır. Tutulmalar dışındaki ışık değişiminin (özellikle birinci minimumdan önce ve sonra ve ikinci minimumdan sonra) yaklaşık 0.05 kadir olduğu ve bileşen yıldızların özellikle *İç Langrange Noktası* (L_1) yöresinde güçlü kromosferik aktivitelerin gösterilebileceği belirtilmiştir. Sistemin X-ışın dalgaboylarında da gözlenmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

Schirmer & Geyer (1992), gözledikleri toplam 7 adet ikinci minimum ve 2 adet birinci minimum zamanlarını kullanarak, aşağıdaki ışık elemanını vermişlerdir:

$$\text{Min II} = \text{HJD } 2448840.4548 + 0^d.374460 \cdot E$$

Robb (1992), HV Aqr sistemini CCD ile gözlemiş ve değişen yıldız ile mukayese

yıldızının görüntülerinde farklılıkların bulunduğunu görmüştür. CCD görüntülerinde ortaya çıkan bu farklılık nedeniyle tekrar ayrıntılı bir inceleme yaparak, değişen yıldızın kuzey-batı yönünde sönük başka bir yıldızın (bileşenin) bulunduğunu görmüştür. Bu sönük bileşenin, HV Aqr sisteminden yaklaşık $5''.2 \pm 0.2''$ uzaklığında ve $321^{\circ} \pm 2^{\circ}$ pozisyon açısına ve değişen yıldızından yaklaşık $3^m.9 \pm 0^m.2$ kadir daha sönük olduğu hesaplanmıştır. Gözlemler sırasında filtre kullanılmadığı için sönük olan bu bileşenin standart sisteme dönüşümü yapılamamıştır.

Chambliss (1992), W UMa türü sistemlerin birden fazla yıldız gruplarından oluşan sistemlerin parçaları olduklarını belirttiğinden, bu sistemin çoklu yıldız sisteminden oluşabileceği muhtemeldir. Fakat bu tür sistemlerde dönem değişimlerinin gözlenebilmesi için yüzlerce yılın geçmesi gerekmektedir. Bu nedenle bu sistemin çoklu bir sistem olup olmadığının ispatı gelecekteki gözlemlerle ispatlanabilir.

Robb (1992), gözlemlerinden hesapladıkları minimum zamanlarını kullanarak bu sistem için yeni ışık elemanını aşağıdaki şekilde vermiştir:

$$\text{Min I} = \text{HJD } 2448835.7736(3) + 0^d.374479(7) \cdot E$$

Işık eğrilerinde ikinci minimumda görülen düzlük ve küçük genlik nedeniyle, sistemin küçük kütle oranına ve yörünge eğim açısının da büyük olması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Hill & Rucinski (1992)'nin LIGHT analiz programı kullanılarak R ve V bandlarında yapılan analizler sonucunda, R bandı için $i=78^{\circ}.3$, $q=0.146$ ve $f=0.475$ (doldurma oranı) ve V bandı için $i=78^{\circ}.2$, $q=0.164$ ve $f=0.49$ sonuçlarını elde etmişlerdir. Bu analizleri sırasında Robb (1992), bileşen yıldızların sıcaklıklarını $T=6500^{\circ}\text{K}$ olarak

* Bu çalışma A.Ü. Araştırma Fonu 96-25-00-11 kod numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

(Hutton (1992)'ın verdiği (B-V) renk ölçeği değerine uygun gelecek şekilde) almıştır. Bu sıcaklıktaki yıldızlar konvektif zarfa sahiptir bu nedenle ışık eğrisi analizlerinde çekimsel kararırma sabiti $g=0.32$ ve yansıma katsayısı $A=0.5$ olarak alınmıştır. Üçüncü ışık etkisi dikkate alınmamıştır, neden olarak üçüncü bileşenden kaynaklanan etkinin küçük olduğu ve ışık eğrisine belirli bir sabit olarak katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Ayrıca ışık eğrisinin maksimumunda görülen asimetrik yapının yıldız yüzeyindeki lekelerden kaynaklanabileceğini belirtmiştir.

W UMa türü sistemler genellikle A ve W-türü sistemler olmak üzere ikiye ayrılır. BD-03°5183 sistemi, düşük *kütle oranı* (q) ve yüksek *doldurma oranı* (f) nedeniyle, A-türü sistemlere dahil olduğunu işaret etmektedir. Hutton (1992)'in elde ettiği 0.63 ile 0.78 aralığındaki renk ölçeği değerleri için yapılan kızarma düzeltmesinin ardından, bu sistemin G0'dan daha geç tayf sınıfına dahil olduğu ortaya çıkmaktadır. A-türü değişim gösteren ve W-türü renk özelliklerine sahip tek örnek HV Aqr sistemi değildir. Aynı özelliklere sahip bir başka sistem, FG Hya sistemidir. Bu sistemde, alışılmışın dışında bir leke dağılımının bulunduğu ve bu nedenle bozulmuş ışık eğrisine bakarak A-türü bir sistem olduğu kabul edilmektedir. A-türü degen sistemlerin G0 tayf sınıfından daha sıcak sistemler olması beklenmektedir.

Daha sonra Kazarovets & Samus (1993), BD-03°5183 örten değişen çift yıldızının değişken ismini HV Aqr olarak belirlemişlerdir.

2. Gözlemler:

HV Aqr örten değişen çift yıldızına ait gözlemsel veriler, Ankara Üniversitesi Ahlatlıbel Gözlemevi'nde (Enlem= $39^{\circ}46'.641$, Boylam= $32^{\circ}46'.251$) bulunan 30 cm çaplı Maksutov teleskopuna bağlı OPTEC SSP-5A fotometre başlığı kullanılarak yapılmıştır. Bu fotometre başlığında bulunan filtreler standart Johnson UBV sistemine çok yakındır.

Gözlemsel veriler A.Ü. Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü elemanlarından Z. Müyesseroğlu tarafından hazırlanan AUPEOBS isimli gözlem programı kullanılarak doğrudan bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Gözlemlere ilişkin zamanlar Güneş merkezine indirgenmiştir. Gözlem gecelerine ait atmosferik sönümlenme etkileri, mukayese yıldızı olarak kullanılan yıldızın verileri kullanılarak, Hardie (1959, 1962) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Her gözlem gecesi için sönümlenme katsayısı hesaplanmasına

rağmen, gözlemsel verilerin sönümlenme katsayılarını hesaplamak için yetersiz olduğu durumlarda, araştırmacı tarafından Ahlatlıbel Gözlemevi için hazırlanan "Ahlatlıbel Rasathanesinde Sönümlenme Katsayılarının Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi" adlı yüksek lisans tezinde belirlenen mevsimsel sönümlenme katsayıları kullanılmıştır (Gürol, 1992). Gececik veya mevsimsel sönümlenme katsayıları kullanılarak gözlemler atmosfer dışına indirgenmiş ve Δm ($\Delta m = \text{Değişen} - \text{Mukayese}$ parlaklık değerleri) şeklinde diferansiyel parlaklık değerleri hesaplanmıştır.

HV Aqr örten değişen sistemi, Ankara Üniversitesi Ahlatlıbel Gözlemevi'nde, 1994 yılında 6, 1995 yılında 1 ve 1998 yılında 4 olmak üzere toplam 11 gece gözlenmiştir. Bu gözlemlere ilişkin bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

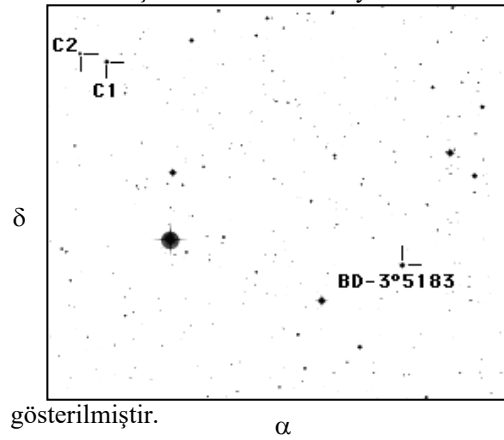
Gözlemler sırasında kullanılan mukayese ve denet yıldızları, Hutton (1992)'in gözlemlerinde kullanılan yıldızlar ile aynıdır. Bu yıldızlara ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir:

Yıldız	Yıldız Adı	α (1950)	δ (1950)
Mukayese Yıldızı (C1)	GSC5199.00616	$21^{\text{h}}20^{\text{m}}07^{\text{s}}.775$	$-3^{\circ}08'49''.470$
Denet Yıldızı (C2)	GSC5199.00693	$21^{\text{h}}20^{\text{m}}15^{\text{s}}.014$	$-3^{\circ}08'17''.191$

Çizelge 1: HV Aqr sisteminin Ahlatlıbel Gözlemevi'nde yapılan gözlemlerine ilişkin bilgileri.

Gözlem Tarihi	Nokta Sayısı	Filtre	Gözlemci
06.09.94	195	BV	BG
10.09.94	73	BV	HY
13.09.94	127	BV	BG
29.10.94	49	BV	BG
29.08.95	91	BV	BG
04.09.95	109	BV	BG
14.10.95	65	BV	BG
17.08.98	182	BV	BG
19.08.98	201	BV	BG
22.08.98	54	BV	BG
23.08.98	182	BV	BG
Toplam:	1328		

Değişen, mukayese ve denet yıldızlarının konumları Şekil 1'de verilen yıldız haritasında



gösterilmiştir.

Şekil 1: BD-3°5183 (HV Aqr), C1: Mukayese ve C2: Denet yıldızlarının yıldız haritasındaki konumları.

1994, 1995 ve 1998 yılları arasında Ankara Üniversitesi Ahlatlıbel Gözlemevi'nde yapılan gözlemlerin analizi sonucunda, Shirmer & Geyer (1992)'in verdiği ışık elemanlarının hatalı olduğu görülmüştür. Bu nedenle kendi gözlemlerimizden elde edilen minimum zamanları ve literatürden bulunan minimum zamanları kullanılarak yeni ışık elemanları hesaplanmıştır. Literatürde bulunan minimum zamanları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2: HV Aqr sistemi için literatürden elde edilen minimum zamanları ve diğer parametreleri.

Min. Zamanı HJD2400000+	Min Türü	E	(O-C) gün	Kaynak
48842.5161	1	18	0.0019	Schirmer & Geyer (1992)
48883.3281	1	127	-0.0043	...
48840.4544	2	12.5	-0.0002	...
48841.5749	2	15.5	-0.0031	...
48843.4507	2	20.5	0.0003	...
48850.5641	2	39.5	-0.0014	...
48862.5514	2	71.5	0.0026	...
48882.3932	2	124.5	-0.0030	...
48883.5173	2	127.5	-0.0024	...
48835.7737	1	0	0.0001	Robb (1992)
48844.7616	1	24	0.0005	...
48844.9481	2	24.5	-0.0002	...
48845.8848	1	27	0.0003	...
48852.8126	2	45.5	0.0002	...
48853.9351	2	48.5	-0.0007	...
48858.8033	2	61.5	-0.0008	...
48859.7404	1	64	0.0001	...
48859.9275	2	64.5	0.0000	...
48866.8560	1	83	0.0006	...

1994-1998 yılları arasında gözlemlerimizden hesaplanan minimum zamanları, bu minimum zamanlarına ilişkin standart hata değerleri, minimum türü, çevrim sayısı ve (O-C) değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Toplam 4 adet I. minimum ve 5 adet II minimum zamanından oluşan minimum zamanları, Kwee&van Woerden (1956) yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3: Gözlemlerimizden hesaplanan minimum zamanları ve bu zamanlara ilişkin diğer parametreler.

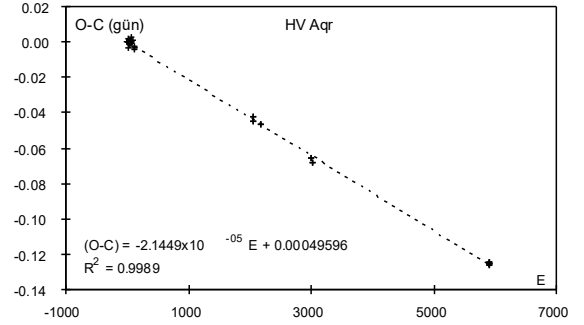
Min. Zamanı HJD2400000+	$\pm\sigma$	Min Türü	E	(O-C) gün
49606.4063	± 0.000188	1	2058	-0.0451
49609.4052	± 0.000298	1	2066	-0.0420
49655.2743	± 0.000191	2	2188.5	-0.0466
49959.3326	± 0.000320	2	3000.5	-0.0652
49965.3216	± 0.000495	2	3016.5	-0.0679
51043.3881	± 0.000365	2	5895.5	-0.1265
51045.4495	± 0.000331	1	5901	-0.1247
51048.4447	± 0.000472	1	5909	-0.1253
51049.3806	± 0.000186	2	5911.5	-0.1256

Şekil 2'de Schirmer&Geyer (1992) tarafından verilen ışık elemanları ($T_0=2448835.77360$ $P=0^d.374479$) kullanılarak hesaplanan (O-C) değişimini görülmektedir. Şekil 2'den de görülebileceği gibi (O-C) değişimi doğrusal bir yapıda olup, doğrudan T_0 ve/veya P'nin hatalı olarak seçilmesinden kaynaklanmaktadır.

En Küçük Kareler Yöntemi yardımıyla Şekil 2'de görülen noktalardan geçen en iyi doğrunun denklemi, aşağıdaki şekilde standart hataları ile birlikte hesaplanmıştır.

$$(O-C) = -0.000021449 \cdot E + 0.00049596$$

$$\pm 0.000000142 \quad \pm 0.0003518$$

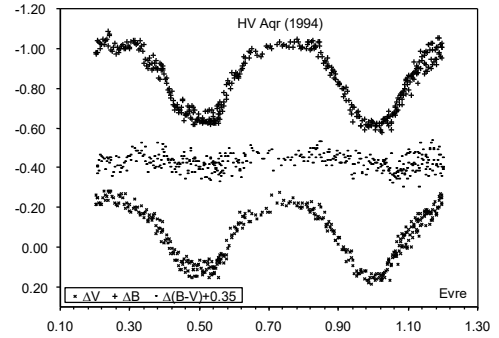


Şekil 2: Schirmer&Geyer (1992) tarafından verilen ışık elemanları kullanılarak hesaplanan (O-C) değişimi.

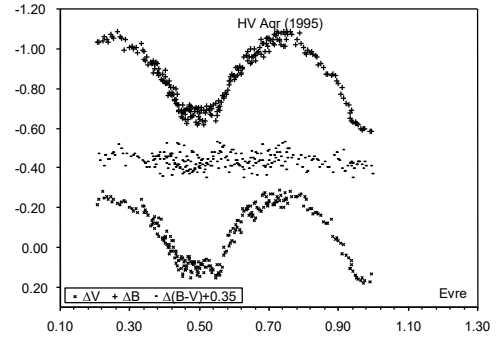
Yapılan doğru fit'inin uyumunu gösteren korelasyon katsayısı $R^2=0.9989$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer, yapılan fit'in yüksek derecede uyumlu olduğunu göstermektedir. Schirmer & Geyer (1992) tarafından verilen ışık elemanları düzeltilerek aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$HJD \text{ Min I} = 2448835.77409596 + 0^d.37445755 \cdot E$$

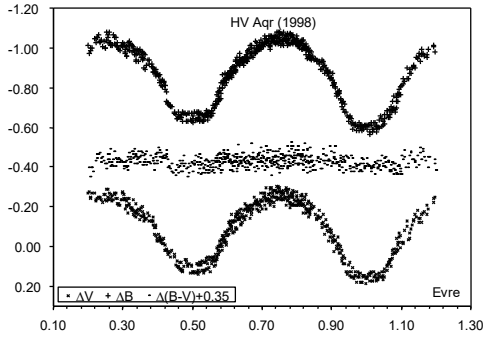
Gözlemlerimiz, yukarıda verilen yeni ışık elemanları kullanılarak tekrar evrendirilmiş ve Şekil 3a, b ve c'de sırasıyla 1994, 1995 ve 1998 yıllarına ait ışık eğrileri olarak gösterilmiştir.



Şekil 3a: HV Aqr örten değişen çift yıldızının 1994 yılında yapılan gözlemleri.

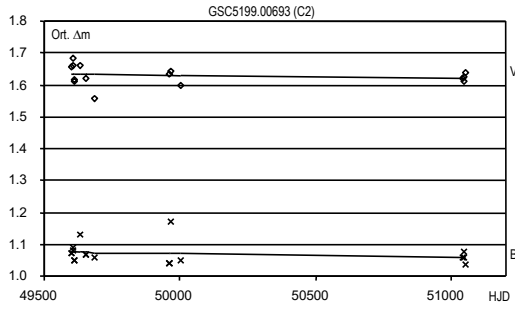


Şekil 3b: HV Aqr örten değişen çift yıldızının 1995 yılında yapılan gözlemleri.



Şekil 3c: HV Aqr örten değişen çift yıldızının 1998 yılında yapılan gözlemleri.

Gözlemlerde, GSC5199.00693 (Denet) yıldızı 1994 yılında 31, 1995 yılında 18 ve 1998 yılında 40 nokta olmak üzere toplam 89 gözlemi yapılmıştır. Denet yıldızının gecelik ortalama parlaklık değerlerinin değişimi Şekil 4'de B ve V renkleri için aynı şekil üzerinde verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde denet yıldızının gözlemlerimiz süresince parlaklığında önemli bir değişim göstermediği görülmüştür.



Şekil 4: GSC5199.00693 (Denet) yıldızının V ve B bandlarına ait gecelik ortalama diferansiyel parlaklık değerlerinin zamana göre değişimi.

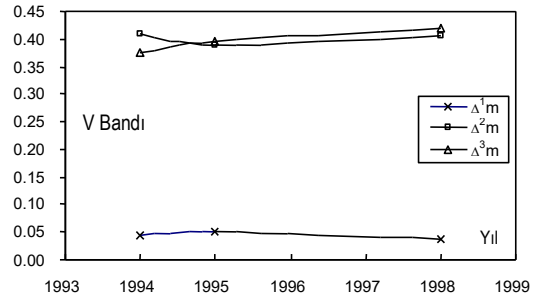
Denet yıldızının gözlemsel verilerinin incelenmesi sonucu gecelik ortalama parlaklık değerlerinin gözlemler süresince, V bandında $-0.00000915 \pm 0.00001197$ ve B bandında $-0.00001167 \pm 0.00001392$ eğimiyle değiştiği hesaplanmıştır. Eğimde görülen hata miktarlarının denet yıldızında gecelik ortalama parlaklık değerlerinde bir değişimin meydana gelmediği söylenebilir. Yapılan doğrusal fit'ten olan farkların kareleri toplamı incelendiğinde, hata değerlerinin V bandı için ± 0.0132 ve B bandı için ± 0.0179 olduğu görülmektedir.

1994, 1995 ve 1998 yıllarında yapılan gözlemlerden, ışık eğrilerimizin birbirleri ile karşılaştırılabilir ve daha sonraki çalışmalarda yararlı olacağı düşüncesiyle, Δ^1m : I. Min ile II. Min arasındaki parlaklık farkı, Δ^2m : I. Min ile I. Max arasındaki parlaklık farkı ve Δ^3m : I. Min ile II. Max parlaklıkları arasındaki fark değerleri Çizelge 4'de verilmiştir.

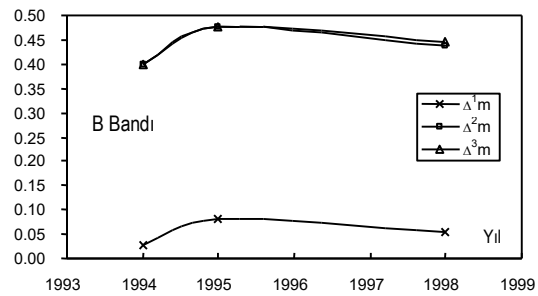
Çizelge 4: HV Aqr yıldızının yıllara göre gözlenen ışık seviyelerinin değişimi.

Filtre	Yıl	Δ^1m	Δ^2m	Δ^3m
V	1994	0.044	0.408	0.375
	1995	0.049	0.390	0.397
	1998	0.037	0.406	0.420
B	1994	0.025	0.400	0.399
	1995	0.083	0.476	0.475
	1998	0.054	0.439	0.445

Çizelge 4'de hesaplanan değerler Şekil 5a ve b'de grafiksel olarak gösterilmiştir. B bandına ait gözlemlerimizdeki değişim V bandına ait gözlemlerimize göre daha fazla çıkmıştır. Birinci minimumun derinliği daha önceki araştırmacıların bulunduğu gibi 0.40 kadir yöresinde olduğu görülmektedir. 1994 yılında yapılan gözlemlerimizde saçılmanın fazla olması Şekil 5b'de görülmekte olan değişimin doğru olup olmadığı problemi ortaya çıkarmaktadır. Şayet bu yıla ait gözlemlerimizin bulunmadığı kabul edilirse görülebileceği gibi ışık seviyeleri arasında önemli bir farkın bulunmadığı söylenebilir. Bu nedenle HV Aqr sistemi için elde ettiğimiz gözlemlerimizden, ışık düzeylerinde gerçek bir değişimin olup olmadığını söylemek şu an için mümkün olamamaktadır. Gelecekte yapılacak daha iyi gözlemler ile bu problemi ortadan kaldırılabilir.



Şekil 5a: V bandındaki ışık düzeylerinin yıllara göre değişimi.



Şekil 5b: B bandındaki ışık düzeylerinin yıllara göre değişimi.

2. Işık Eğrilerinin Wilson-Devinney Programı ile Analizi

Toplam 1328 gözlem noktasından oluşan gözlemlerimiz kullanılarak önce 0.02 evre aralığı artımıyla 50 adet gözlemsel ortalama parlaklık değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu gözlemsel ortalama parlaklık değerleri kullanılarak gözlemler 0.25 evresine bilinen yöntemler ile normalize edilmiştir. Gözlemsel ortalama parlaklık değerleri hesaplanırken, ortalamaya giren gözlemsel nokta sayıları dikkate alınarak her bir normalize edilmiş noktanın ağırlıklandırılması yapılmıştır.

HV Aqr sistemi için elde edilen ışık eğrisi incelendiğinde, minimum derinliklerinin birbirine yakın olması nedeniyle bileşen yıldızlarının sıcaklıklarının birbirine yakın olması gerektiği görülebilir. Işık eğrisinin biçimi, sistemin W UMA türü olduğu ve bu tür sistemlerde bileşen yıldızların henüz anakolu terketmemiş yıldızlar olduğu bilinmektedir (Wilson, 1994). Ayrıca birinci minimum, ikinci minimumdan daha derin ve ikinci minimumun tam tutulma olduğu söylenebilir. HV Aqr sisteminin, W UMA türü sistemlerden A-türü alt sınıfına ait olduğu Pringle & Wade (1985) tarafından belirtilmiştir. A-türü W UMA sistemlerde, birinci minimumda iken büyük kütleli baş yıldızın örtüldüğü bilinmektedir. Bileşen yıldızların yarıçaplarına göre bakıldığında, birinci minimumda iken küçük yıldız önde, büyük yıldız arkada bulunmalıdır.

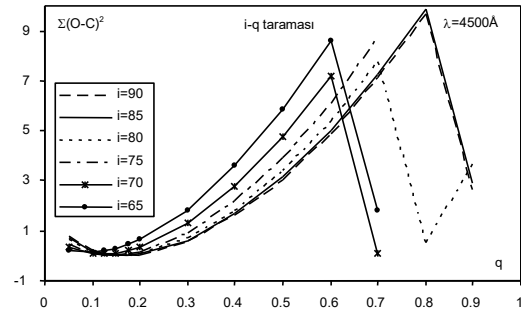
Hutton (1992), HV Aqr sisteminin renk ölçeğinin $(B-V)=0.70$ olduğunu vermiştir. Bu renk ölçeğine sahip sistemlerin tayf türleri G5 ile G8 arasında ve sıcaklıkları ise 5500 ile 5600 arasında değişmektedir (Zombeck, 1990). Hill & Rucinski (1992), bu sistemin G5 tayf türünden olduğunu ve analizlerinde $(B-V)=0.70$ için 6500°K sıcaklık değerinin uygun olduğunu kabul etmişlerdir. Bizim belirlediğimiz ve Hill & Rucinski (1992)'nin seçtiği sıcaklık değerlerine göre, Van Hamme (1993)'in tablolarından alınan *Kenar Kararma Katsayıları* aşağıdaki gibidir:

Filtre	$T_1=T_2=6500^{\circ}\text{K}$			$T_1=T_2=5500^{\circ}\text{K}$		
	Lineer Yasa	Logaritmik Yasa		Lineer Yasa	Logaritmik Yasa	
	x	x	y	x	x	y
B	0.637	0.804	0.251	0.778	0.846	0.102
V	0.523	0.712	0.284	0.646	0.779	0.199

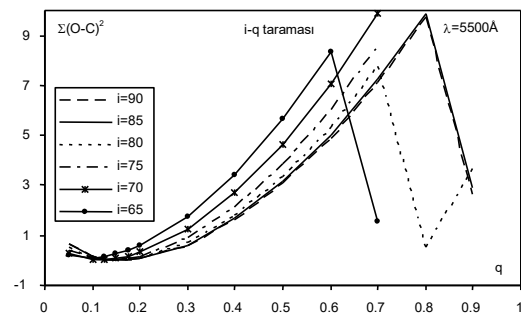
Her iki sıcaklık değeri dikkate alındığında bileşen yıldızların konvektif atmosfere sahip oldukları görülmektedir. Konvektif atmosfere sahip yıldızlar için kabul edilen g çekimsel kararma sabiti 0.32 olarak alınmıştır. Rafert & Twigg (1980), W UMA türü çift yıldızlar için yaptıkları istatistiki incelemede A-türü sistemler

için g çekimsel kararma sabitinin ortalama olarak 0.28 olduğunu bulmuşlardır. Konvektif atmosfere sahip yıldızlar için Albedo katsayısı 0.5 (Rucinski, 1973) olarak alınmıştır. Rafert & Twigg (1980) ise gözlemsel olarak bu değer 0.56 olduğunu yaptıkları istatistiki çalışmalarında vermişlerdir.

HV Aqr sistemi için q kütle oranı için başlangıç değeri olarak, Hill & Rucinski (1992)'nin analizleri sonucunda buldukları 0.146 ve 0.164'ün ortalaması olan 0.155 değeri alınmıştır. Belirlenen başlangıç parametreleri kullanılarak LC programı kullanılarak kabaca gözlemsel ışık eğrisini üretebilecek ışınım gücü (L_1+L_2) değerleri belirlenmiştir. Elde edilen bu başlangıç değerleri DC programında başlangıç girdi parametreleri olarak alınmış ve değişik kütle oranı değerlerine göre farklı yörünge eğim açısı değerleri için teorik ve gözlemsel ışık eğrileri arasındaki fark kareleri toplamları hesaplanmıştır. Şekil 6a ve b'de B ve V bandları için bu analizler sonucunda elde edilen $i-q$ parametrelerinin değişimi görülmektedir.



Şekil 6a: B bandı için elde edilen $i-q$ taraması sonucu.



Şekil 6b: V bandı için elde edilen $i-q$ taraması sonucu.

Şekil 6a ve b incelendiğinde kütle oranı değerinin $0.1 < q < 0.2$ arasında ve yörünge eğim açısının $75^{\circ} < i < 90^{\circ}$ arasında en küçük değere ulaştığı görülmektedir. $q > 0.7$ için fark kareleri toplamının küçük bir aralıkta minimuma ulaştığı görülmektedir. Bu sonucun A-türü W UMA sistemleri için uygun olmadığı bilinmektedir.

(Wilson, 1994). A-türü W UMa sistemlerinde bileşen yıldızların fazla değen sistemler olduğu öne sürülmektedir (Wilson, 1994). Bu tartışmalar ışığında q kütle oranı değeri başlangıç girdi değeri olarak 0.15 seçilmiştir.

3. Işık Eğrisi Analizi ve Sonuçları

HV Aqr sisteminin değen sistem (contact) olması nedeniyle, bu tür sistemler için Wilson-Devinney programında Mode 6 sınırlaması seçilmiştir. Maceroni et al. (1985), ışık eğrisi analizlerinde, Ω_1 potansiyeli ile q kütle oranı arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğunu ve yine Ω_1 potansiyeli ile L_1 arasında hemen hemen linear bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Fakat, Mod 6'da Ω_1 , Ω_2 ve L_2 parametreleri serbest bırakılmadığı için temel parametreler olan i , q , L_1 , T_1 , T_2 arasında diferansiyel düzeltme işlemleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda ışık eğrilerinde görülen minimum derinliklerini ayarlamakta güçlük çıkmaktadır. Mode 6 sınırlaması kullanıldığında minimum derinliklerini ayarlayabilmek için teorik parametreler olan g_1 , g_2 , A_1 , A_2 , x_1 , x_2 parametreleri üzerinde diferansiyel düzeltme işlemi ve/veya yıldız yüzeylerine leke yerleştirilmesi dışında başka bir yöntem bulunmamaktadır.

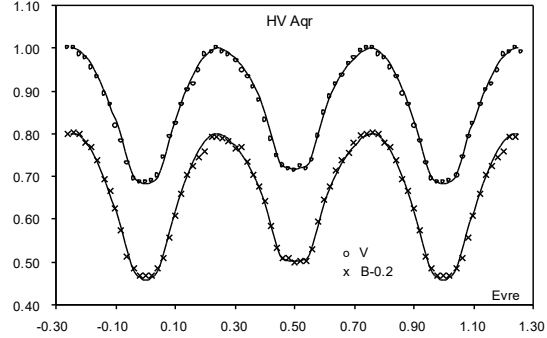
Teorik olarak belirlenen parametreler değiştirilmeden yapılan diferansiyel düzeltme işlemleri sonucunda, gözlemsel ışık eğrimiz ile teorik ışık eğrisi arasındaki uyumun belirli bir hata değerinin altına inemediği görülmüştür. Bu nedenle teorik parametreler arasında çeşitli gruplar oluşturarak (örn. L_1 , T_1 , g_2 gibi) çözümün daha iyiye gidip gitmediğine bakılmıştır. Teorik parametreler üzerinde yapılan düzeltmeler sonucunda, gözlemsel ışık eğrimiz ile teorik ışık eğrimiz arasında uyumun son derece iyileştiği görülmüştür. Şekil 7'de bu çalışma sonucunda yapılan çözümün uyumu görülmektedir.

Teorik olarak belirlenen g_1 , g_2 çekimsel kararırma sabitleri sırasıyla 1.210 ve 0.816 ve A_1 , A_2 yansıma katsayıları ise 0.001 ve 0.560 olarak alındığında en iyi fark kareleri toplamı değerine ulaşıldığı görülmüştür. Çekimsel kararırma sabitleri teorik olarak konvektif katmanlı yıldızlar için 0.32 değerinden oldukça farklıdır. Kenar kararırma sabitleri de teorik olarak belirlenen sabitlerden daha büyük çıkmıştır.

Analizler sonucunda fark kareleri toplamı değerleri, V bandı için $\sum(O-C)^2=0.0069$ ve B bandı için $\sum(O-C)^2=0.0039$ değerlerine ulaşılmıştır. Bu değerler, yapılan fit'in gözlemsel veriler ile iyi bir uyum sağladığını göstermektedir.

Çizelge 5'de HV Aqr sistemi için Wilson-Devinney programının Macintosh sürümü

kullanılarak hesaplanan analiz sonuçları verilmiştir. Sistemin bileşenlerinin sıcaklıkları 6165°K ve 5858°K olarak elde edilmiştir. Bu sıcaklık değerlerine karşılık baş bileşen için F8 ve yoldaş bileşen için G1 tayf türleri uygun gelmektedir (Zombeck, 1990).



Şekil 7: HV Aqr sisteminin ışık eğrisi analizi sonucunda elde edilen teorik ışık eğrisi. B bandında ait gözlemlerden 0.2 değeri çıkarılarak her iki ışık eğrisinin aynı grafik üzerinde görünmesi sağlanmıştır.

Çizelge 5: HV Aqr yıldızı için elde edilen çözüm parametreleri.

Yıldız: HV Aqr Türü: EW Mod: 6		
Karakteristik Özellikleri	1. Yıldız	2. Yıldız
Yörünge Eğim Açısı (i°)	81.084	
Kütle Oranı (q)	0.17355	
Ω Potansiyeli	2.1656	2.1656
Değme derecesi (f)	-0.00037	-0.00037
Sıcaklık ($^\circ K$)	6165	5858
Çekim parametresi (g)	1.210	0.816
Albedo Katsayısı	0.001*	0.560*
Etkin Dalgaboyu (\AA):	5500	
- ışınımgücü (L)	10.9815	1.7826
- kenar kararırması (x)	1.000	1.000
Etkin Dalgaboyu (\AA):	4500	
- ışınımgücü (L)	11.2544	1.7430
- kenar kararırması (x)	0.893	0.821
$r(\text{pole})$	0.497469	0.223527
$r(\text{point})$	0.671059	0.328738
$r(\text{side})$	0.543564	0.232455
$r(\text{back})$	0.565261	0.264602
Ortalama yarıçap	0.53542	0.24018
Yüzey alanı	3.62410	0.73697
Hacim	0.64317	0.05850
Ω_{inner} Kritik yüzeyi	2.165558	
Ω_{outer} Kritik yüzeyi	2.054159	
C_{inner} Kritik yüzeyi	3.712552	
C_{outer} Kritik yüzeyi	3.712552	
L_1 Langrange noktası	0.671215	
L_2 Langrange noktası	1.418011	
Dönem (Gün)	0 ^d .37445755	
T_{minimum}	2448835.77409596	
Sağaçıklık (α)	21 ^m 18 ^{dk} 49 ^{sn}	
Dikaçıklık (δ)	-03 ^o 22'.4	
$V_0(\text{km sn}^{-1})$	-	
$K(\text{km sn}^{-1})$	-	-

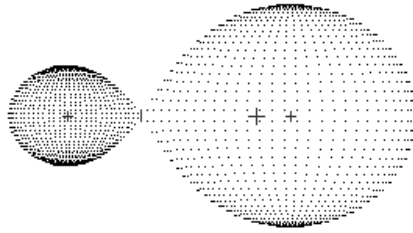
*Teorik olarak bu sistem için uygun olan albedo değerleri kullanıldığında yapılan fit'in iyi olmaması nedeniyle teorik parametrelerin diferansiyel düzeltmeye sokulması sonucunda elde edilen değerlerdir.

Bileşen yıldızların sıcaklık değerlerine göre sistemi oluşturan yıldızların tayf türleri F7+G2 olarak hesaplanmıştır (Harmanec, 1988). Bu tayf türlerine karşılık gelen kütle, yarıçap ve bolometrik parlaklık değerleri Harmanec

(1988)'in vermiş olduğu denklemler yardımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Mutlak Parametreler	1. Yıldız	2. Yıldız
Tayf Türü	F7	G2
Kütle (Güneş Kütleli)	1.24	1.14
Yarıçap (Güneş Yarıçapı)	1.33	1.23
Bolometrik Parlaklık	3.794	4.179

Şekil 7'de, Çizelge 4'de verilen parametreler kullanılarak *Binarymaker* programı yardımıyla çizilen sistemin geometrik şekli gösterilmiştir. Bileşenlerin L₁ Lagrange noktasında birbirlerine değdikleri ve A-türü W UMa türü sistemlerin özelliği olan baş bileşenin daha büyük olduğu görülmektedir.



Şekil 7: HV Aqr sisteminin geometrik şekli.

3. Sonuç

Bu çalışma neticesinde A.Ü. Ahlatlıbel Gözlemevi'nde toplam 3 yıl gözlemleri yapılan HV Aqr sisteminin analizi yapılmış ve bu analizler sonucunda sisteme ilişkin yeni ışık elemanları ve sistemin geometrik ve fiziksel parametreleri hesaplanmıştır. (O-C) değişiminden sisteme fiziksel olarak bağlı üçüncü bir cisimden kaynaklanan bir değişim olduğuna dair bir belirti bulunamamıştır.

Analizler sonucunda HV Aqr sisteminin F7+G2 tayf türüne sahip iki yıldızdan oluştuğu hesaplanmıştır. Sistemin gözlenen ışık eğrilerinde özellikle minimumlar yöresinde saçılmaların fazla olması minimum derinliklerinin belirlenmesinde güçlük yaratmaktadır. Her üç yıl için elde edilen gözlemlerden, ışık seviyelerinde önemli bir değişikliğin olduğuna dair belirti görülemediği. Gelecekte yapılacak gözlemler ile sisteme fiziksel olarak bağlı üçüncü bir bileşenin olup olmadığı belirlenebilir. Bu nedenle bu yıldızın gözlemlerinin devam etmesi ve ışık eğrisi analizlerinin yapılmasında yarar olduğu kanısındayız.

HV Aqr sisteminin gözlemleri sırasında gözlemlere yardımcı olan bölüm elemanlarımızdan Kutluay Yüce ve Sayın Ayvur Akalın'a ve bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde katkıda bulunan A.Ü. Araştırma Fonu'na teşekkür ederiz.

Kaynaklar:

- Chambliss, C.R., 1992, *PASP*, **104**, 663.
 Gürol, B., 1992, Yüksek Lisans Tezi (A.Ü. Fen Bilimleri Enst.)
 Hardie, R.H., 1959, *ApJ*, **130**, 663.
 Hardie, R.H., 1962, In *Astronomical Techniques*, (ed. Hiltner, N.A) Chicago: University of Chicago Press. Illinois.
 Harmanec, P., 1988, *BAC.*, **39**, 329.
 Hill, G., Rucinski, S.M., 1992, paper for IAU Commission 42, IAU General Assembly 1991.
 Hutton, R.G., 1992, *IAU-IBVS*, No.3723.
 Kazarovets, E.V., Samus, N.N., 1993, *IAU-IBVS*, No.4140.
 Kwee, K.K. & van Woerden, H., 1956, *BAN*, **12**, 327.
 Maceroni, C., Milano, L., Russo, G., 1985, *MNRAS*, **217**, 843.
 Pringle, J.E., Wade, R.A., 1985, *Interacting Binary Stars*, Cambridge Univ. Press, Cambridge. p.105.
 Rafert, J.B., Twigg, L.W., 1980, *MNRAS*, **193**, 79.
 Robb, R.M., 1992, *IAU-IBVS*, No.3798.
 Rucinski, S.M., 1973, *AcA*, **23**, 79.
 Schirmer, J., Geyer, E.H., 1992, *IAU-IBVS*, No.3785.
 Van Hamme, W., 1993, *AJ*, **106** (5).
 Wilson, R.E., 1994, *PASP*, **106**, No.703.
 Zombeck, M.V., 1990, *Handbook of space astronomy and astrophysics*, Second Edition, Cambridge University Press, Cambridge, p.68-69.