

## Aşırı-değen Çift Yıldız V829 Hercules

Ahmet ERDEM, Burcu ÖZKARDEŞ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ulupınar Astrofizik Gözlemevi  
Terzioğlu Yeni Yerleşkesi, 17040, Çanakkale  
aerdem@physics.comu.edu.tr, burcu@physics.comu.edu.tr,

**Özet:** V829 Her W UMA türü değen çift yıldızının yeni BVR ışık eğrileri ve bunların fotometrik çözümü sunulmaktadır. Sistemin O-C artıklarının ilk kez yapılan analizi, yörünge dönemi için 10.5 yıl dönemli ve 0.006 gün genlikli bir çevrimsel değişim vermektedir. Yörünge dönemi (yada O-C) değişimi, sistemde olası bir üçüncü cisim nedeniyle ışık-zaman etkisi ve bileşen yıldızların çevrimsel manyetik etkinliği açısından tartışılmıştır. Sistemin yeni BVR ışık eğrileri, literatürden elde edilen dikine hız eğrileri ile birlikte eşzamanlı olarak çözülmüştür. V829 Her'in gözlenen BVR ışık eğrileri hemen hemen simetrik yapıda olup yalnızca ikinci minimum birinci minimumdan daha derin çıkmıştır. V829 Her sistemi, W-altıncı W UMA türü olarak sınıflandırılmakta; ancak, ikinci minimumun daha derin olmasından dolayı sistemin küçük bileşenin W-altıncı W-altıncı sınıflarda alışılmadık tersine daha soğuk olduğu bulunmuştur. V829 Her değen sisteminin bileşenlerinin salt parametreleri hesaplanmış ve sistemin evrim durumu incelenmiştir. Baş bileşenin Normal Anakol yıldızları gibi davrandıkları, ancak ikinci bileşenin benzer kütleli Anakol yıldızlarından daha sıcak ve daha büyük oldukları bulunmuştur. Bu anormalliğin baş bileşenden yoldaşa enerji aktarımı ile açıklanabileceği önerilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** yıldızlar: çift yıldızlar – yıldızlar: örten çift yıldızlar – yıldızlar: V829 Her

**Abstract:** New light curves and photometric solutions of the W UMa contact type binary star V829 Her are presented. All the times of minimum light were collected and combined with the new ones presented in this work. The first analysis of O-C residuals shows a cyclic variation with an amplitude of 0.006 days and a period of 10.5 years for the orbital period of the system. An unseen third star in the system or the cyclic magnetic activity of the component stars may play an important role in the orbital period (and thus (O-C)) variation. A third star should be a low mass (lower than  $\sim 0.8m_{\odot}$ ) and faint ( $\sim 4^m.3$  fainter than the system V829 Her) star, whose detection is difficult. The mean subsurface magnetic fields for both components of the system would have to be very large ( $\sim 20$  kG), for a possible explanation of the cyclic (O-C) variation in terms of magnetic field variation (Applegate 1992). Future data will add information on the nature of the secular (O-C) variation. The BVR light curves appear to be almost symmetric, and the light level of the 'secondary' minimum is slightly deeper than that of the 'primary minimum'. The BVR light curves and radial velocity curves from Lu and Rucinski (1999) were analyzed simultaneously. The system has been usually classified as W-subtype W UMa system, but we found the present smaller star seems cooler, contrary to usual W-types. The locations of components of the system in the mass-radius plane and the HR diagram were also discussed. The primary component seems like a normal Main Sequence star, but, the secondary component was found to be hotter and larger than those of Main Sequence stars of similar mass. This anomaly suggests energy transfer from more massive primary component to the less massive secondary one.

**Key words:** stars: binaries – stars: eclipsing – stars: individual: V829 Her

### 1. Giriş

Gioia ve arkadaşları (1987), Einstein X-ışını Uydusu (Einstein Observatory Extended Medium Sensivity Survey) verisini incelerken V829 Her (GSC 02597-00679 = TYC 2597-679-1)'i tesadüfen x-ışını kaynağı olarak keşfetmişlerdir. Sonraları, Fleming ve arkadaşları (1989), V829 Her'in bir W UMa türü örten çift yıldız olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bundan kısa bir zaman sonra; Robb (1989), sistemin, fotometrik gözlemlerini yaparak, bir W UMa türü örten değişen olduğunu

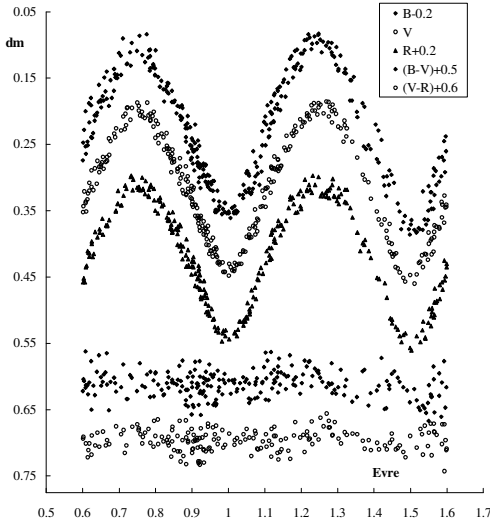
doğrulmuş ve kısa zaman aralığında yaptığı gözlemlerle 0.35813 günlük bir döneme sahip olduğunu bulmuştur. Daha sonraları, Agerer & Hübscher (1985, 1999, 2000), sisteme ilişkin minimum zamanları elde etmişlerdir. Lu & Rucinski (1999), sistemi tayfsal olarak gözleyip sistemin dikine hız eğrilerini ve tayfsal öğelerini çıkarmışlar ve dikine hız eğrisi genliklerine bakıldığında V829 Her'in bir W türü W UMa sistemi olabileceğini önermişlerdir.

### 2. Gözlemler

V829 Her örten çift yıldızı, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ulupınar Astrofizik Gözlemevi (ÇUG)'nde 2003 gözlem döneminde fotoelektrik

olarak sekiz gece gözlenmiş, Johnson UBVR standart sisteminin BVR renklerinde ışık eğrileri elde edilmiştir. Mukayese yıldızı olarak BD +35° 2886, denet yıldızı olarak da BD +35° 2882 yıldızları kullanılmıştır. Gözlemlerde 40 cm'lik Cassegrain teleskopuyla ona bağlı Hamamatsu R6358 fotokatlandırıcı tüpün yer aldığı SSP5-A fotometri aygıtı kullanılmıştır. Gözlemler süresince mukayese ve denet yıldızlarının parlaklıklarının değişmediği hesaplanmıştır. Mukayese yıldızının gözlemlerinden, her bir gözlem gecesi için BVR renklerinde, ayrı sönmükleştirme katsayıları hesaplanarak atmosferik sönmükleştirme düzeltmeleri yapılmış ve gözlemler Güneş merkezine indirgenmiştir. Yine, mukayese yıldızının gözlemlerinden yararlanılarak BVR renklerinde elde edilen her bir gözlem noktasının olası yanığı için yaklaşık  $0^{m}.01$  değeri hesaplanmıştır. Sisteme ilişkin gözlemler ve gözlemlerle ilgili ayrıntılı bilgiler, Erdem ve Özkardeş (2004) tarafından yayınlanmıştır.

V829 Her örten çift yıldızı için bu çalışmada yapılan tüm gözlemleri temsil eden ışık ve renk eğrileri Şekil 1'de gösterilmektedir. Sistemin ışık eğrilerinin biçimi, tipik W UMA türü ışık eğrilerindedir. Işık eğrilerinin maksimum ışık düzeyleri arasında herhangi bir asimetri (O'Connell etkisi) yoktur. Yalnızca baş minimumlarda çıkış kolu, iniş kolundan daha keskindir. Öte yandan örten çift yıldızların genel ışık eğrilerinden beklenen tersine; yan minimumlar, baş minimumlardan daha derin çıkmıştır. Sistemin B-V ve V-R renk eğrilerinde düzensiz değişimler göze çarpmaktadır.



Şekil 1. V829 Her'in ÇUG-2003 ışık ve renk eğrileri.

### 3. Sistemin Dönem Analizi

V829 Her'in gözlemleri boyunca 6 Min I ve iki Min II zamanı elde edildi. Yeni gözlemlerle literatürden bulunan minimum zamanları birleştirilerek sistemin yörünge döneminin değişmesini denetlemek amacıyla O-C analizi yapıldı (sistemin minimum zamanları için bkz. Erdem & Özkardeş (2004)). İlk adımda, (O-C) farkları, Lu & Rucinski (1999) tarafından verilen aşağıdaki ışık öğeleri kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{HJD Min I} = 2447680.8910 + E \cdot 0^s.3581502 \dots (1)$$

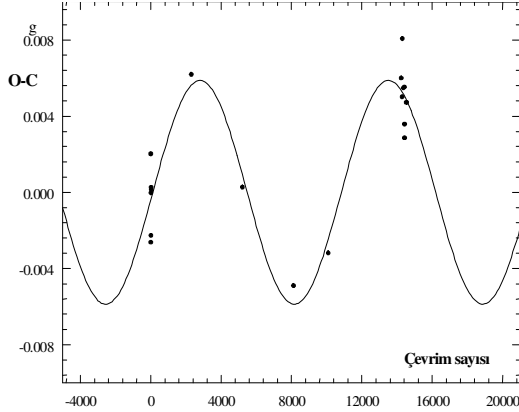
Gözlenen tüm minimum zamanların (O-C) artıkları, Şekil 2'de çevrim sayısına göre çizilmiştir. Bu şekil göstermektedir ki, V829 Her'in yörünge dönemi çok küçük genlikli sinüzoidal biçimde değişmektedir. Yıldızın bir örten çift olduğunun yakın zamanda (on-onbeş yıl önce) keşfedilmesi, literatürde yayınlanan minimum zamanlarının az sayıda olmasına yol açmıştır. Bu yüzden, veri azlığı, yörünge dönemi değişiminin ve değişim biçiminin şimdiden ayrıntılı biçimde analiz edilmesini desteklememektedir. Ancak, diyagramdan görüleceği üzere, gözlem noktaları gelişigüzel dağılmış olmayıp çevrimsel değişimin uç kısımları diyebileceğimiz özel kısımlarında yer alması çevrimsel değişimi olası yapar. Böylece, (O-C) artıklarının çevrimsel değişimini temsil etmek için aşağıdaki sinüs denklemi, en küçük kareler yöntemiyle (O-C) artıklarına uygulanmıştır:

$$\text{O-C} = A_s \sin \left[ \frac{2\pi}{P_s} (E - T_s) \right] \dots (2)$$

Burada,  $A_s$ ,  $P_s$  ve  $T_s$ , sırasıyla, uydurulan sinüslü değişimin yarı genliğini, dönemi ve minimum değerini temsil etmektedir. Sistemin ışık öğelerinde de olası yanıklar bulunabileceğinden  $T_0$  ve  $P$  ve sinüs eğrisinin bu üç öğesi  $A_s$ ,  $P_s$  ve  $T_s$  için en küçük kareler yöntemi, sistemin tüm minimum zamanlarına uygulanmış ve Çizelge 1'de verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 1. V829 Her için (O-C) artıklarının çevrimsel değişimi için elde edilen sonuçlar.

Parametre	Değer	Standart sapma
$T_0$ HJD	447680.8909	0.0011
$P_{\text{yörünge}}$ (gün)	0.3581499	0.000001
$A_s$ (gün)	0.006	0.001
$P_s$ (yıl)	10.5	0.5
$T_s$ (çevrim)	115	347
$\Sigma W(\text{O-C})^2$ (gün) <sup>2</sup>	$3.3 \times 10^{-5}$	



Şekil 2. V829 Her'in O-C diyagramı.

Çevrimsel yapılı dönem değişimleri, sistemde görülemeyen uzak bir üçüncü bileşen nedeniyle oluşan ışık-zaman etkisine ya da bileşenlerin birinde ya da her ikisinde ortaya çıkan manyetik aktivite nedeniyle dönem değişimine bağlanır. Şimdi bu mekanizmaları sırasıyla V829 Her sisteminde gözlenen sinüslü yörünge değişimini açıklamak için uygulayalım:

**a) Üçüncü cisim nedeniyle ışık-zaman etkisi :** Bir örten çift yıldız, üçüncü cisim ile bir üçlü sistem oluşturursa; örten çift yıldız, bu üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında kapalı (daireSEL ya da eliptik) yörünge çizer. Bu yörünge hareketinde, gözlemciden çevrimsel olarak uzaklaşır ve yaklaşır. Minimum zamanlarını veren ve çift yıldızdan gelen ışık, dolayısıyla gözlemciye daha erken ya da daha geç ulaşır. Buna "ışık-zaman etkisi" denir. Bu etki nedeniyle, gözlemci, örten çift yıldızın yörünge dönemini gerçekte değil, görünürde değişmesini bekler. Böylesi bir mekanizmada, örten çift yıldızın (O-C) diyagramı, üçlü sistemin yörüngesine bağlı olarak değişir. Eğer yörünge daireSEL ise, (O-C) diyagramında bir sinüs eğrisi görülmelidir. Eğer yörünge eliptik ise, (O-C) diyagramında bozulmuş bir sinüs eğrisi veren gözlem noktaları bulunmalıdır. V829 Her'in Şekil 2'de verilen (O-C) diyagramı ve buna uydurulan en iyi kuramsal eğri bozulmamış bir sinüs eğrisidir. Bu nedenle, eğer dönem değişimini doğuran mekanizma ışık-zaman etkisi ise, V829 Her'in bir üçüncü bileşenle oluşturdukları üçlü sistemin yörüngesi daireSEL olmalıdır. En iyi uydurulan kuramsal eğri (Bkz. Çizelge 1'deki öğeler  $P_s$  ve  $A_s$ ) bize, V829 Her'in bir üçüncü bileşenle oluşturdukları üçlü sistemin ortak kütle merkezi etrafında yaklaşık  $10.5 \pm 0.5$  yıl dönemle dolandığını ve dolanırken ortak kütle merkezine olan uzaklığının izdüşümünü  $1.04 \pm 0.17$  AB olarak verir. Bu değerlerden ve Bölüm 4' deki ışık eğrisi analizinden bulunan  $m_1 = 0.54 M_{\odot}$ ,  $m_2 = 1.32 M_{\odot}$  değerleri kullanılırsa  $f(m_3) = 0.010 (\pm 0.004) M_{\odot}$

değeri hesaplanır. Kütle fonksiyonu,  $i' = 30^\circ$  ye göre  $0.840 M_{\odot}$ ,  $i' = 60^\circ$  ye göre  $0.435 M_{\odot}$ , ve  $i' = 90^\circ$  ye göre  $0.370 M_{\odot}$  değerlerini vermektedir. Eğer sistemin yörünge eğikliği  $i'$ , örten çift yıldızın yörünge eğikliğine eşit alınırsa, ki Bölüm 4'de ışık eğrisi analizi, örten çift yıldızın yörünge eğikliğini yaklaşık  $60^\circ$  vermektedir, böylece, üçüncü bileşenin kütlesi için  $0.435 M_{\odot}$  alınabilir. Eğer üçlü sistem için eylemsizlik momenti yazılır ve V829 Her'e uygulanırsa, üçüncü cismin üçlü sistemin ortak kütle merkezine olan uzaklığı  $a_3 = 4.44$  AB olarak bulunur. Bu uzaklık, aslında, örten çift yıldız ile üçüncü bileşen arasındaki minimum uzaklıktır. Maksimum uzaklık için,  $a' = a_{12} + a_3 = 5.48$  AB olmalıdır. Eğer çift yıldızın uzaklığı olarak Bölüm 4'deki ışık eğrisi analizi sonucu bulunan  $171 \pm 17$  pc değeri alınırsa basit bir trigonometrik ıraksınım yöntemiyle üçüncü cisim ile çift yıldız arasındaki açısal ayrıklık aralığı  $0''.05 - 0''.01$  olarak hesaplanabilir. Bu açısal ayrıklık değerleri, günümüz teleskopların ayırma gücüyle karşılaştırıldığında üçüncü bileşenin gözlenemeyeceği açıktır. Eğer olası üçüncü cisim anakol yıldızı olduğu varsayılırsa, Demircan & Kahraman (1992)'in anakol yıldızları için kütle-ışıtma fonksiyonuna ilişkin yaptıkları istatistiksel çalışma, üçüncü cismin bolometrik salt parlaklığını da verebilmektedir. Bu çalışmada, Demircan & Kahraman'ın  $m < 0.7 m_{\odot}$  kütleli anakol yıldızları için verdikleri  $M_{bol} = 5.84 - 6.54 \log(m/m_{\odot})$  bağıntısı kullanılırsa, üçüncü cismin bolometrik salt parlaklığı  $8^{m.20}$  kadir olarak bulunur. Oysa, Bölüm 4'deki ışık eğrisi analizi sonucu, V829 Her'in toplam bolometrik salt parlaklığı  $3^{m.85}$  olarak hesaplanmıştır. Buna göre V829 Her'in tayfında üçüncü bileşene ilişkin çizgilerin görülemeyeceği açıktır.

**b) Manyetik aktivite çevrimi :** W UMA türü örten çiftler ve özellikle bunların W türleri geç tayf türünden olan anakol yıldızlarını içermektedir. Bir yıldızda tayf türünün geç türden (F, G, K) olması, o yıldızda konveksiyonun güçlü olmasını dolayısıyla manyetik alanlarının yıldız plazmasına hakim olmasını işaret eder. Konveksiyonla hareketlenen plazma hücreleri, yüklü parçacıklar içerdiğinden dolayı, manyetik alan oluşturarak konveksiyon etkisiyle yıldızın dış katmanlarına hem taşıdıkları enerjiyi hem de oluşturdukları manyetik alanları aktarırlar. Böylece, hem konvektif enerji ile hem manyetik enerji ile enerjisi artan dış katmanlar (ya da başka deyişle yıldızın kabuğu) diferansiyel dönmesini artırır. Burada, konvektif plazma hücreleri, yıldızın kabuğunu iç kısımlarından farklı döndürerek bir kuvvet etkisi oluşturur ki buna manyetik tork denir. Diferansiyel dönme, manyetik alan çizgilerinin bükülmesine ve zamanla leke, parlama gibi manyetik etkinliklerin oluşmasına yol

açar. Eğer, çift yıldızın dönme dönemi yörünge dönemine kitlenmişse, yıldızın dönmesindeki değişimler yörünge dolanma dönemine yansiyacaktır. Yıldız, konvektif katmanlardan aldığı enerjiyi kabuğun farklı dönmesine harcar. Daha hızlı dönme, dönme dönemini azaltacaktır. Dönme dolanmaya kilitli olduğundan dolayı dönme dönemindeki azalma dolanma dönemindeki artış ile karşılanacaktır. Öte yandan, hızla dönme, yıldızın enerjisinden karşılanacağından yıldızın ışıması da azalmış olmalıdır. Eğer, bu değişimler, çevrimsel yapıda gelişirse, dolanma dönemindeki değişimler ile yıldızın ışımasındaki değişimler aynı dönemli ancak 180° zıt fazlı olmalıdır. Bileşenlerin birinde ya da her ikisinde görülen manyetik etkinliğin bu şekilde hem yıldızın yörünge döneminde modülasyonlara (genliği ve dönemi değişebilen çevrimler) hem de yıldızın ışımasındaki değişimlere neden olabileceği Applegate (1992) tarafından önerilmiştir. Applegate mekanizması, V829 Her'in her iki bileşeni için uygulanırsa, yıldızın dış kısmı ile iç kısmı arasında periyodik olarak  $\Delta J$  açısal momentum alışverişi için gerekli torku sağlayan yüzeyaltı manyetik alan yoğunluğu birinci bileşenin için 25 kGauss, ikinci bileşen için 19 kGauss değerleri bulunur. Bu değerler, Güneşte görülen manyetik aktivite yoğunlukları ile karşılaştırıldığında çok büyük olduğu görülmektedir. Ancak, W UMa sistemlerindeki büyük lekeler, güçlü manyetik yoğunluk olmasına işaret eder.

#### 4. Işık Eğrisi Analizi

V829 Her'in BVR ışık eğrilerinin çözümü için Wilson-Devinney programının (Wilson & Devinney 1971) 1992 versiyonu kullanıldı. Programda B renk bölgesinde 338, V renk bölgesinde 303, R renk bölgesinde 284 gözlem noktası kullanılmıştır. Çözüm arayışlarında, programın geleneksel kullanımına uygun olarak bazı öğeler sabit tutulur ve bu öğelerin değerleri uygun fiziksel modellerden seçilir. Buna göre,  $T_1$ (birinci bileşenin akı ağırlıklı ortalama yüzey sıcaklığı)=5780 K (SIMBAD'ın V829 Her için verdiği G2V tayf türüne karşılık olarak);  $A_{1,2}$  (bileşenlerdeki yansıma etkilerini temsil eden bolometrik albedolar)=0.5 (konvektif atmosferler için 0.5 değeri Rucinski (1969)'dan);  $g_{1,2}$  (bileşenlerin çekim kararma üsleri)=0.32 (konvektif atmosferler için 0.32 değeri Lucy (1967)'dan alınmıştır. Klinglesmith & Sobieski (1970) tarafından verilen logaritmik kenar kararma yasası seçilip ilgili katsayılar van Hamme (1993)'ın çalışmasından alınmıştır. Böylece, baş bileşenin tayf türüne göre belirlenen sıcaklığı, eş dönme varsayımı altında dönme parametreleri, konvektif atmosfer varsayımı altında çekim kararma üsleri,

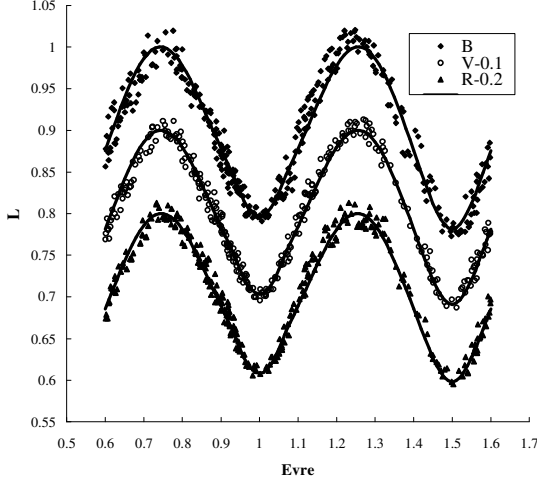
albedolar ve bolometrik ve dalgaboyuna bağlı kenar kararma katsayıları sabit alınmıştır.

Lu & Rucinski (1999), tayfsal kütle oranı olarak 0.408 değerini vermektedir. Sistem, W türü W UMa yıldızdır. Bu tür yıldızlarda baş minimum, daha düşük sıcaklıklı fakat daha büyük kütleli, daha "büyük boyutlu" bileşenin daha sıcak fakat daha düşük kütleli ve daha "küçük boyutlu" bileşeni örtmesiyle (occultation) oluşur. Örtün çift yıldız bileşenlerinin genel özelliklerine ters düşen bu sorun, Wilson-Devinney programında tayftan bulunan kütle oranı ters girilerek çözülür. Bu nedenle, programa q değeri olarak  $1/0.408 = 2.45$  değeri girilmiştir. Sistem değen bir çift sistem olduğundan dolayı, bileşenleri birinci kritik Roche loblarını, en azından, doldurmuş olmalıdırlar. Bu nedenle,  $q=2.45$  değerine karşılık gelen birinci kritik Roche lobu potansiyel değerinden daha küçük olacak şekilde 5.75 değerleri girilmiştir. Roche geometrisi özelliklerinden dolayı, değen ya da aşırı değen çift yıldızlarda bileşenlerin potansiyelleri birbirine eşit olmalıdır.

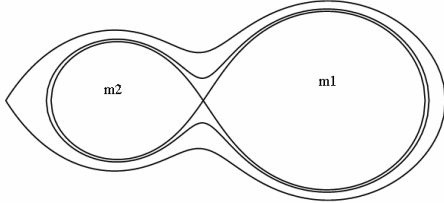
Wilson-Devinney programı, bu tez çalışmasında elde edilen BVR ışık eğrileri ile Lu & Rucinski (1999) tarafından elde edilen dikine hız eğrileri üzerine eş zamanlı olarak uygulanmıştır. Böylece, program kara cisim ışınımı, logaritmik kenar kararma ve ayrıntılı yansıma yasalarının geçerliliği varsayımı ve değen çift yıldız durumu için mode03 altında BVR ışık eğrileri ve dikine hız eğrileri üzerinde eşzamanlı olarak çalıştırıldı. Değişken parametreler olarak a (görelî yörüngenin yarı-büyük eksen uzunluğu), Pshift (enberi boylamının 90° olması halinde birinci kavuşmanın olduğu evre. Bu parametre, hesaplanan ışık eğrileri ve dikine hız eğrileri için keyfi miktarda bir evre kaymasına izin verir.),  $V\gamma$  (sistemin ortak kütle merkezinin radyal hızı), i (sistemin görelî yörüngesinin eğikliği),  $T_2$  (ikinci bileşenin akı ağırlıklı ortalama yüzey sıcaklığı)  $\Omega_1 = \Omega_2$  (bileşenlerin yüzey potansiyelleri),  $q=m_2/m_1$  (kütle oranı),  $L_1$  (birinci bileşenin ışıması) seçilmiştir. Burada, birinci bileşen, birinci kavuşum yakınında gözlemciden uzak olan yani örtülen bileşendir.

Wilson-Devinney programının DC (Differential Corrections) alt programı çalıştırılmış ve birkaç iterasyon sonrasında Çizelge 2'de verilen sonuçlar elde edilmiştir. Sistemde üçüncü bir ışık olabilir düşüncesiyle  $L_3$  parametresi de serbest bırakılmış ancak fiziksel olmayan negatif değerlere ulaşılmıştır. Bu yüzden  $L_3$  sıfır alınmıştır. Çizelge 2'de verilen sonuçlar, Wilson-Devinney programının LC (Light Curve) alt programında kullanılarak kuramsal eğriler elde edilmiş ve bunların gözlem noktalarıyla karşılaştırılması Şekil 3'te yapılmaktadır.

Sistemin Roche modeline göre konfigürasyonu, Şekil 4'te çizilmiştir. V829 Her için, Çizelge 3'teki değerlere göre, değme oranı 0.26 olarak hesaplandı. Bu değer, sistemin aşırı değen bir W türü W UMA çifti olduğunu gösterir. Kuramsal çalışmalara bakıldığında, bu aşırı değme, V829 Her için normal gözükmemektedir. Kuramsal çalışmalar, kütle oranı azalırken değme oranının arttığını ortaya koymuştur.



Şekil 3. V829 Her'in 1'e normalize edilen ışıltma biriminde gözlem noktaları ve bunlara Wilson-Devinney yöntemiyle uydurulan en iyi kuramsal eğriler



Şekil 4. V829 Her değen çiftinin Roche konfigürasyonu.

### 5. Salt Parametreler ve Tartışma

Bu çalışmada Wilson-Devinney yöntemi ile ışık eğrisi ve dikine hız eğrisinin eşzamanlı analizi sonucu bulunan öğeler (Çizelge 2) kullanılarak temel formüller yardımıyla V829 Her değen sisteminin salt parametreleri hesaplandı. Değerler ve olası yanlışlıkları, Çizelge 3'te verilmektedir. Bu hesaplama için güneşe ilişkin  $T_{\text{eff}}=5780$  K,  $M_{\text{bol}}=4m.75$  ve  $BC=-0.14$  değerleri Popper (1980)'in çalışmasından alındı. Sistemin hesaplanan salt öğelere göre m-R (kütle-yarıçap) diyagramındaki konumu Şekil 5'te, HR diyagramındaki konumu Şekil 6'da verilmektedir.

Çizelge 2. V829 Her değen çift yıldızının BVR ışık eğrilerine ve dikine hız eğrilerine Wilson-Devinney yöntemi, eşzamanlı uygulanarak, elde edilen sonuçlar Parantez içindeki değerler, son basamağa göre olası yanlışlıklar değerleridir

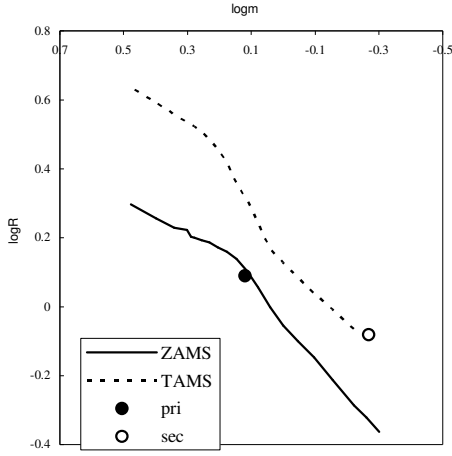
Parametre	Değeri
$a (R_{\odot})$	3.202(28)
$V\gamma$ (km/s)	-13.05(07)
Pshift(Evre)	0.0001(3)
$i$ ( $^{\circ}$ )	57.9(2)
$T_1$ (K)	5780 K
$T_2$ (K)	5956 (20)
$\Omega_1 = \Omega_2$	5.716(20)
q	2.44(1)
$L_1/(L_1+L_2)B$	0.251(3)
$L_1/(L_1+L_2)V$	0.259(3)
$L_1/(L_1+L_2)R$	0.266(2)
$r_1$ (mean)	0.3185(9)
$r_2$ (mean)	0.4727(25)

Çizelge 3. V829 Her bileşenlerinin salt parametreleri

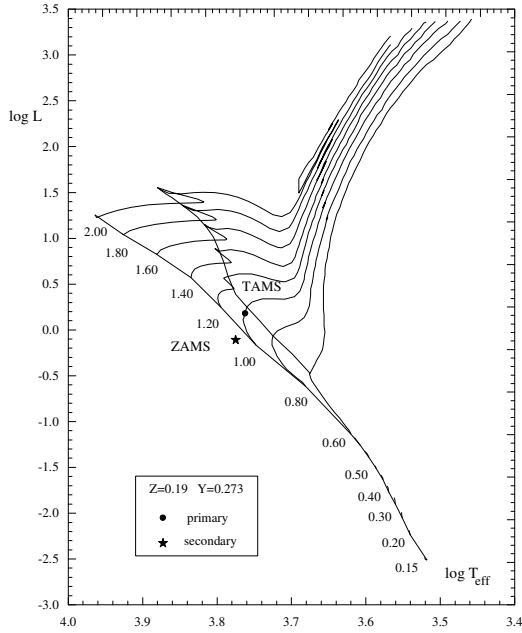
Parametre	Baş yıldız	Yoldaş yıldız
$m (M_{\odot})$	1.32(39)	0.54(15)
$R (R_{\odot})$	1.23(13)	0.83(8)
$\log g$ (cgs)	4.38(4)	4.33(4)
$M_{\text{bol}}$	$4^m.17(24)$	$5^m.15(22)$
$M_V$	$4^m.27(24)$	$5^m.29(22)$
$T$ (K)	5780	5956(20)
$L (L_{\odot})$	1.52(31)	0.78(17)
$r$ (pc)	188(21)	

Not: Baş ve yoldaş yıldızlar, tayfsal kütle oranına göre belirlenmişlerdir. Parantez içindeki değerler, son basamağa göre olası yanlışlıklar değerleridir.

Diyagramda, ZAMS (Zero Age of Main Sequence) Sıfır Yaş Anakolu ve TAMS (Terminal Age of Main Sequence) Terminal Yaş Anakolu, Girardi ve ark. (2000)'nin düşük kütleli yıldız modelleri konulu çalışmasında verdiği değerlere göre çizilmiştir. Kimyasal bolluk oranı için güneş modeli



**Şekil 5.** V829 Her değen sisteminin bileşenlerinin kütle-yarıçap diyagramındaki konumları. ZAMS ve TAMS, Girardi ve ark. (2000)'ndan alınan kuramsal değerlere göre çizilmiştir.



**Şekil 6.** V829 Her değen sisteminin bileşenlerinin HR diyagramındaki konumları. Evrim yolları, Girardi ve ark. (2000)'ndan alınan kuramsal değerlere göre çizilmiştir. ZAMS üzerindeki sayılar, evrim modellerinin başlangıç kütlelerini göstermektedir.

seçilmiştir. Kütle-yarıçap diyagramında, birinci bileşen ZAMS'a yakınken, ikinci bileşen TAMS'a yakın çıkmıştır; hatta ikinci bileşen ZAMS'ın aynı kütleli bir yıldızın yarıçap değerinin ~10 katı

kadar büyük bir yarıçapa sahip olduğu gözükmektedir. HR diyagramında bu durum tersinedir: birinci bileşen TAMS'a yakınken, ikinci bileşen ZAMS'a yakındır. Bu sonuçlar, standart yıldız evrimi modellerine zıt düşmektedir. Kütle-yarıçap diyagramında konumları böylesi olan çift yıldızların bileşenlerinden, standart evrim modellerine göre beklenen durum, HR diyagramında ikinci bileşenin anakolun solunda değil sağında yer almasıdır. W UMA'ların W türlerinde görülen bu olayı, Wang (1994), Lucy (1976) ve Lucy & Wilson (1979) tarafından ortaya konan "ısısal durulma salınımları" kuramını geliştirerek şöyle açıklamaktadır: W UMA'ların A türünde, sistemin ikinci bileşeni, kendi hidrostatik ve ısısal denge konfigürasyonuna doğru yavaşça genişleme evresine girerken; W türünde ikinci bileşen, ZAMS yarıçapına doğru büzölmeye girer. Böylece, W türünde, açığa çıkan çekim enerjisi ısıya dönüşerek ikinci bileşenin daha sıcak olmasına neden olur. Böylece ikinci bileşen HR diyagramında düşük sıcaklı bölge olan anakolun sağ tarafında değil yüksek sıcaklı bölge olan anakolun sol tarafında yer alır. Hilditch (2001)'e göre ise özellikle ikinci bileşende görülen ve standart evrim modellerine uymayan yada ters düşen bu durum, ışık eğrisi çözümlerinde ikinci bileşen için bulunan sıcaklığın yıldızın tek başına bir yıldız olma durumunda beklenen sıcaklık değil çiftin sahip olduğu ortak zarfın sıcaklığı olduğu şeklinde açıklanmıştır.

## 6. Kaynaklar

- Applegate, J.H. 1992, ApJ, 385, 621  
 Erdem, A., Özkardes, B., 2004, IBVS, 5496  
 Fleming, T.A., Gioia, I.M., Maccacaro, T. 1999, AJ, 98, 692  
 Gioia, I.M., Maccacaro, T., Wolter, A. 1987, in IAU Symp. 124, Observational Cosmology eds. A. Hewitt, G.R. Burbidge, and L.-Z. Fang (Dordrecht: Reidel), 593  
 Girardi, L., Bressan, A., Bertelli, G., Chiosi, C. 2000, A&AS, 141, 371  
 Hilditch, R.W. 2001, An Introduction to Close Binary Stars, Cambridge University Press  
 Klinglesmith, D.A., Sobieski, S. 1970, AJ, 75, 175  
 Lu, W., Rucinski, S.M. 1999, AJ, 118, 515  
 Lucy, L.B. 1976, ApJ, 205, 208  
 Popper, D.M. 1980, ARA&A, 18, 115  
 Robb, R.M. 1989, IBVS, 3346  
 Wang, J.M. 1995, AJ, 110, 782  
 Wilson, R.E., Devinney, E.J. 1971, ApJ, 166, 605  
 Wilson, R.E. 1992, Documentation of Eclipsing Binary Computer Model, Revision of 1992: May, University of Florida