

VZ PISCUM DEĞMEYE YAKIN BİR ÇİFT YILDIZ MI?

Bariş DİNÇBAŞ¹, Pınar AKBULUT¹

Özet

VZ Psc geri tayf türünden bileşenleri olan, 0.26 gün dönemli bir yakın çift yıldızdır. Yıldızın büyük dikine hızı onun yaşlı disk öbeğine ilişkin olduğunu, moröte artıkları ve kuvvetli Ca II, H&K salma çizgilerinin varlığı dizgenin aynı zamanda manyetik etkin olduğunu gösterir. Öteki W UMa dizgelerinin tersine, bileşenlerin kütleleri oranının 0.80 dolayında olması bileşenler arasında çok az bir kütle alış verişinin gerçekleştiğini belirtir. Dizgenin daha önce elde edilen ışık ve dikine hız eğrilerinin analizi ile başyıldızın Roche lobunu doldurduğunu, küçük kütleli bileşenin ise ayrık olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle dizge, sonraki çalışmalarda “Yakın Değen Yıldızlar” sınıfı içerisine alınmıştır. Bu çalışmada dizgenin çok renk yeni ışık eğrilerinin elde edilmesi ve bunların analizi ile bileşenlerin değme durumlarının ortaya çıkartılması ve sınıflandırmanın denetlenmesi amaçlanmıştır. Dizgenin Ege Üniversitesi Gözlemevi’nde elde edilen BVRI ışık eğrileri analiz edilerek bileşenlerin kesirsel yarıçap ve ısıtmaları ile yörüngenin eğikliği bulunmuştur. Dikine hız eğrilerinin analizi ile bulunan sonuçlarla birleştirilerek bileşenlerin temel fiziksel öğeleri kütle, yarıçap ve ısıtmaları hesaplanmıştır. Analizler, her iki bileşenin de Roche lobunu doldurduğunu ve “Yakın Değen” sınıflandırmasının pek güvenilir olmadığını gösterir yöndedir. Işık eğrilerinde görülen asimetri bileşenlerdeki manyetik etkinlik ile açıklanmış ve küçük kütleli bileşendeki lekelerin daha baskın olduğu sonucu çıkartılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yakın değen dizgeler, W UMa dizgeleri, VZ Psc, Manyetik aktivite

Abstract

VZ Psc is a close binary system with an orbital period of 0.26 days and consisting of a late type components. The system has a large radial velocity which indicates a membership of an old disk population. Moreover, the existence of an ultraviolet excess and the strong lines of Ca II H&K shows that the system is also a magnetically active one. Contrary to the other W UMa systems, a mass ratio of about 0.80 indicates that a very little amount of mass transfer should have been occurred between the components so far. The analysis of the light and the radial velocity curves obtained previously revealed that the primary component fills its Roche lobe while the secondary is a detached one. For this reason, the system is included in the list of “Close Contact Binaries” in later studies. In this study, we aimed to obtain the new light curves and with the analysis of them to discover the status of the system and accordingly to check out its current classification. With the analysis of the VRI light curves of the system obtained at Ege University Observatory the fractional radii and the luminosities of the components are obtained along with the inclination of the binary orbit. Combining these findings

¹Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri, 35100, Bornova, İzmir, bdincbas@gmail.com, pak@mail.ege.edu.tr

with the results of the radial velocity analysis we obtained the basic physical properties of the components such as masses, radii and the luminosities. The results of these analysis show that both components should fill their respective Roche lobes contrary to the previous classification. The asymmetry of light curves is attributed to the magnetic activity of the components. Also it is realized that the spots on the surface of the less massive component are more prominent.

Key Words: *Near Contact Binaries, W UMa Binaries, VZ Psc, Magnetic Activity*

1.Giriş

Örten çift yıldızlar içerisinde anlaşılması en zor olan dizgeler W Ursae Majoris (W UMa) yıldızları olmuştur. Bu yıldızların yörünge dönemlerinin 1 günden kısa ve bileşenlerinin Roche loblarını doldurduklarını biliyoruz. Ancak, onların evrimleri, geçmişleri konusunda yeterli bilgiye ulaşmış değiliz. W UMa dizgeleri iki alt gruba ayrılır:

- Büyük kütleli, büyük yarıçaplı bileşenin daha soğuk ve her iki yıldızının da genellikle F5'ten daha geri tayf türünden olduğu W-türü W UMa dizgeleri ve
- Büyük kütleli, büyük yarıçaplı bileşenin daha sıcak, iki yıldızın da A veya F tayf türü olduğu A-türü W UMa dizgeleri.

Her iki alt grubun da yaşlı oldukları *Guinan ve Bradstreet*^[1] ile *Hilditch ve ark.*^[2] tarafından gösterilmiştir. Bu dizgeler için manyetik frenleme ile açısal momentum kaybederek (AMK) birbirine yaklaşan, dolayısı ile yörünge dönemleri kısalan yıldızların yakın bir gelecekte birleşerek hızlı dönen tek bir yıldız olacağı öngörülüyor (*Vilhu*^[3], *Rucinski*^[4]).

W UMa dizgeleri ayrık çift yıldızların manyetik frenleme, kütle aktarımı veya kütle kaybı ile açısal momentum kaybederek evrimleşmelerinin sonucu oluşuyorsa evrimin bu orta aşamasında çift yıldızların keşfi ile kimi ip uçları bulunmalıdır. Evrimin anlaşılabilmesi için yörünge dönemleri kısa, ancak bileşenlerinden biri veya her ikisi Roche lobunu doldurmayan çift yıldızlar önem kazanmıştır. Böyle dizgeler her iki alt türden W UMa dizgeleri ile benzerlik gösterirler. Değmeye yakın çift yıldızların büyük yarıçaplı, büyük kütleli baş yıldızları daha sıcak, küçük kütleli küçük yarıçaplı yoldaşları ise daha soğuk olduğundan A-türü W UMa dizgelerine daha çok benzerler. Bu özellikleri nedeniyle değmeye yakın çift yıldızların ayrık dizgelerle W UMa dizgeleri arasındaki kayıp halkayı temsil ettikleri sanılıyor.

2.Vz Piscium Değmeye Yakın Bir Dizge Mi?

VZ Piscium (=BD +04°5012, HIP 115819) 10. kadirde, K2-5 tayf türünden bileşenleri olan kısa dönemli bir çift yıldızdır. Uzay hızı 120 km s^{-1} dolayında olup kinematik yaşı 8-10 milyar yıl dolayında yaşlı disk öbeğine ilişkin olabileceği öngörülmektedir (*Eggen*^[5], *Hrivnak ve Milone*^[6], *Guinan ve Bradstreet*^[7]). Bu dizge, aynı zamanda optik tayfta Ca II'nin çok kuvvetli H&K salma çizgileri göstermektedir (*Wolff ve ark.*^[8]). Bu durum bileşenlerin manyetik aktif olduklarının bir belirteçidir.

Dizgenin ışık eğrileri *Eggen*^[5], *Bradstreet*^[9], *Davidge ve Milone*^[10], *Samec*^[11] ve *Hrivnak ve ark.*^[12] tarafından elde edilmiştir. Dizgenin ışık eğrileri küçük genlikli tipik bir W UMa türü dizgenin ışık eğrisine benzer. Baş ve yan minimum derinlikleri farklıdır. Ancak ışık eğrileri zamanla değişmektedir. Bu değişim bir kaç haftada görüldüğü gibi bir kaç yılda da görülebilmektedir.

Örneğin, *Eggen*^[5]'nin elde ettiği ışık eğrilerinde tutulma derinlikleri hemen hemen eşittir. Dizgenin dikine hız eğrisi *Hrivnak ve Milone*^[6] tarafından elde edilmiştir. Bileşenlerin dikine hız genlikleri birbirine yakın olup kütleler oranı $q \approx 0.9$ tahmin edilmiştir ki bu değer W UMa dizgeleri için oldukça büyüktür. W UMa dizgelerinin kütle oranı genellikle $0.2 < q < 0.6$ aralığındadır. Kütle oranının bire yakın olması dizgenin değme durumuna yeni gelmiş ya da gelme aşamasında olduğunun bir kanıtı olarak alınmıştır.

Işık eğrileri farklı varsayımlar altında farklı yöntemlerle analiz edilmiştir. Her ışık eğrisinin çözümünden farklı sonuçlara varılmıştır. Bunun bir nedeni minimum derinlikleri arasındaki farkın az olmasıdır. Çözümler genellikle bileşenlerin Roche loblarının %56-%95'ini doldurduğu, bileşenlerin sıcaklıkları arasındaki farkın da 800–1200 K'ni bulduğu yönündedir. Bu çözümlerden bir bölümü yörünge eğikliğinin 33-40° civarında olduğunu, kimi zaman tutulmanın da ortadan kalktığını göstermektedir. Öte yandan, bu yörünge eğikliği aralığı kullanılırsa bileşenlerin kütleleri 1.1 – 1.3 M_{\odot} aralığında çıkmaktadır ki bu kütle aralığı anakol K2–5 yıldızları için beklenen kütlelerden çok büyüktür. Bu sorunlardan bir bölümü *Maceroni ve ark.*^[13]'ün ışık eğrisi analizi ile çözülebilmektedir. Bu araştırmacılar küçük kütleli, küçük yarıçaplı bileşenin yüzeyine iki leke yerleştirerek ışık eğrilerinin çözümünü denemişlerdir. Lekeli çözümde derin baş minimumun biraz kaydığı ve genişlediği görülmüştür. Bu deneme ile dizgeyi oluşturan bileşenler Roche yarıçapları ile karşılaştırılabilir boyuta inmiş ve sıcaklık farkı da $\Delta T \approx 200$ K dolayına gerilemiştir. Bu çözümün getirdiği başka bir uygunluk da yörünge eğikliğinin 49° yöresine çıkararak bileşenlerin kütlelerinin K2–5 yıldızlarına uygun duruma gelmesidir. Çözüm getirilemeyen yeni bir sorun ise lekelerin genellikle küçük kütleli bileşenin ötekine bakmayan arka yüzeyinde görünme eğiliminde olmasıdır. Daha sonra *Hrivnak ve ark.*^[12] dizgenin yeni ışıkölçümü yanında moröte ve görünür bölge tayf ölçümlerini yaparak lekeler veya manyetik etkinliğe ilişkin ipuçları elde etmeye çalışmışlardır. Bu çalışma ile *Mg II h&k* ile *Ca II H&K* salma çizgilerinin çok kuvvetli oldukları ve zamanla değiştikleri bulunmuştur. Optik bölge tayflarından her iki bileşenin dikine hızları elde edilmiş, bileşenlerin kütleler oranının 0.80 olduğu sonucuna varılmıştır. Bu kütle oranı kullanılarak ışık eğrileri yeniden analiz edildiğinde küçük kütleli bileşenin ayrık olduğu görülmüştür. Küçük kütleli bileşenin başyıldız bakan yüzeyine yerleştirilen bir sıcak lekenin hem tayfsal bulgularla iyi uyduğu, hem de ışık eğrilerini daha iyi temsil ettiği sonucuna varılmıştır.

Hrivnak ve ark.^[12] baş ve yoldaş bileşenin kütle ve yarıçaplarını sırasıyla 0.81 M_{\odot} , 0.78 R_{\odot} ve 0.65 M_{\odot} , 0.70 R_{\odot} bulmuşlardır. Dizgenin uzay hızının 100 kms^{-1} 'i geçmesi nedeniyle onun yaşlı disk öbeğinden olduğu bir kez daha vurgulanmıştır. Kütle oranının 1'e yakın olması bileşenlerin değme durumuna yaklaştıkları, ancak kütle alış-verişinin henüz başlamadığı sonucuna varılmıştır. Bu dizgenin başlangıcının *Guinan ve Bradstreet*^[7] tarafından da önerildiği gibi, yörünge dönemi 4–5 gün olan iki K anakol yıldızı, yani BY Draconis türü bir dizge olduğu öne sürülmüştür. *Mg II* ($\lambda 2800 \text{ \AA}$), *CaII* ($\lambda \lambda 3933, 3968 \text{ \AA}$) ve H_{α} salma çizgileri kromosferik etkinliğin bir belirteci olarak alınmıştır. Bu çizgilerin yeğliliklerinin evreye bağlı olmadığı, kimi zaman salma çizgilerinin saatlerce görüldüğü belirtilmiştir. Küçük kütleli yıldızdan kaynaklanan *CaII* salmaları daha kuvvetlidir. Bu salmaların sıcak leke ya da leke grubu ile yakından ilişkili olduğu önerilmiştir. Algol dizgelerde veya Kataklizmik değişenlerde sıcak lekeler bileşenler arasındaki gaz akımının diske veya kütle alan yıldızın yüzeyine çarpması ile oluşur.

Hrivnak ve ark.^[12]'in çalışmasına göre VZ Psc örten çiftinde büyük kütleli bileşen Roche lobunu doldurur ya da doldurmaya yakın görünürken yoldaş bileşen ayrık görünmektedir. Yörünge eğikliğinin küçük olması nedeniyle ışık eğrisinin genliği azalmakta, bu da ışık eğrilerinden yörünge öğelerinin duyarlı bir şekilde bulunmasını güçleştirmektedir. Ancak, yörünge eğikliğinin düşük olması, tutulma sırasında arkadaki yıldızın iç kısımlarını görme olanağı sağlar. Parlak lekenin konumunu ve zamanla yer değiştirmesini VZ Psc'de bu nedenle duyarlı bir şekilde belirleyebiliyoruz. VZ Psc dizgesi *Yakut ve Eggleton*^[14] tarafından da değmeye yakın yıldızlar listesi içine alınmış, üzerinde daha fazla araştırma yapılması gereken dizgelerden birisi olarak gösterilmiştir.

Yukarıda anlattığımız nedenlerle VZ Psc dizgesinin çok renk ışık eğrilerini elde etmeyi ve bu ışık eğrilerinin analizi ile dizgenin bileşenlerinin yapısını ve manyetik etkinlik nedeni ile ışık eğrilerindeki bozulmaları ortaya çıkartmak bu çalışmanın başlıca amacı

olmuştur.

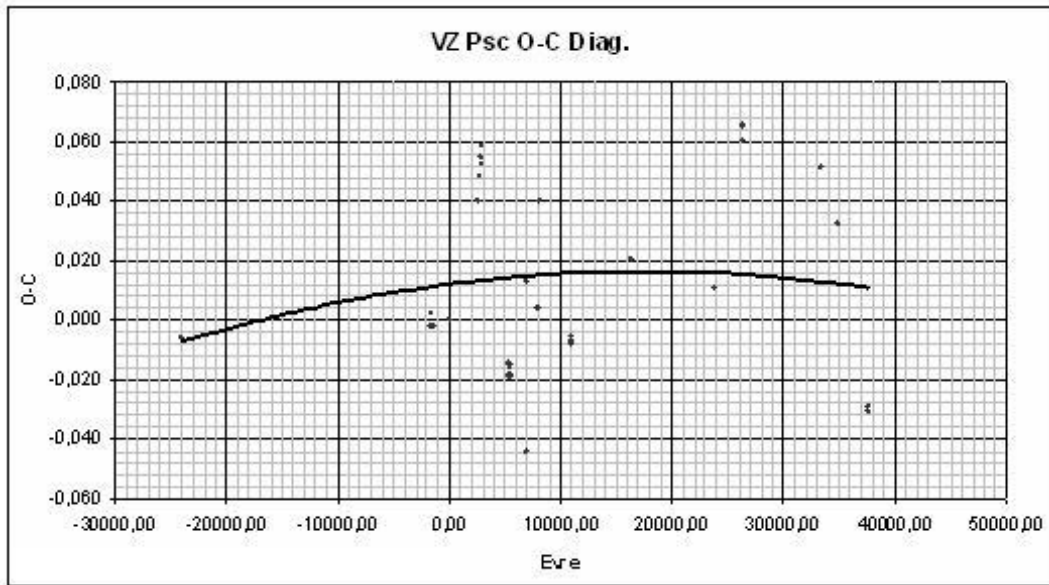
3. Yörünge Dönemi

Gözlemler Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin 48 cm'lik teleskobuna bağlı üç kanallı hızlı fotometre ile BVR süzgeçlerinde ve 35 cm'lik teleskoba bağlı CCD ışıkölçeri ile VRI süzgeçlerinde yapılmıştır. W UMa türü degen dizgelerin çoğunda yörünge döneminin değiştiği bilinmektedir. Bu değişimlerin kaynağı genellikle açısal momentum kaybına bağlanmıştır. Bu dizgelerde açısal momentumun korunmadığına ilişkin çalışmalar *Rahunen*^[15] ile başlamıştır.

VZ Psc dizgesinin yayınlanmış minimum zamanları ve bizim bu çalışma sırasında elde ettiğimiz minimum zamanlarını bir araya getirerek elde edilen yeni ışık öğeleri aşağıda verilmektedir.

$$\text{Min. I} = \text{JD Hel. } 24\ 53681.0032 + 0^d.2611865 \cdot E$$

Hesaplanan ve gözlenen minimum zamanları arasındaki farklardan ışık öğelerinden sapmalar belirlendi ve Şekil 3.1.'de noktalandı. O-C sapmaları bir doğru ve bir parabol ile temsil edildi. Parabol ile yapılan temsilden sapmaların karelerinin toplamının daha küçük olması nedeniyle yeni ışık öğeleri,



Şekil 3.1. Minimum zamanlarının doğrusal ışık öğelerinden sapmaları ve bu sapmaların parabolik temsili.

$$\text{Min.I} = \text{JD Hel. } 24\ 53681.01646 + 0^d.2611870 \cdot E - 1.89 \times 10^{-11} \cdot E^2$$

şeklinde elde edildi. Buna göre dizgenin yörünge dönemi $5^d.29 \times 10^{-8}$ gün/yıl'lık bir kısalma göstermektedir.

4. Işık Eğrilerinin Analizi

Işık eğrilerinin analizi için gözlem verileri birleştirilerek çözülmüştür. Analiz için *Wilson ve Devinney* (1971) tarafından geliştirilen ve *Wilson* (1979, 1992) tarafından yeni eklemeler yapılan program kullanılmıştır.

Tablo 4.1 Işık eğrilerinin analizi ile bulunan öğeler.

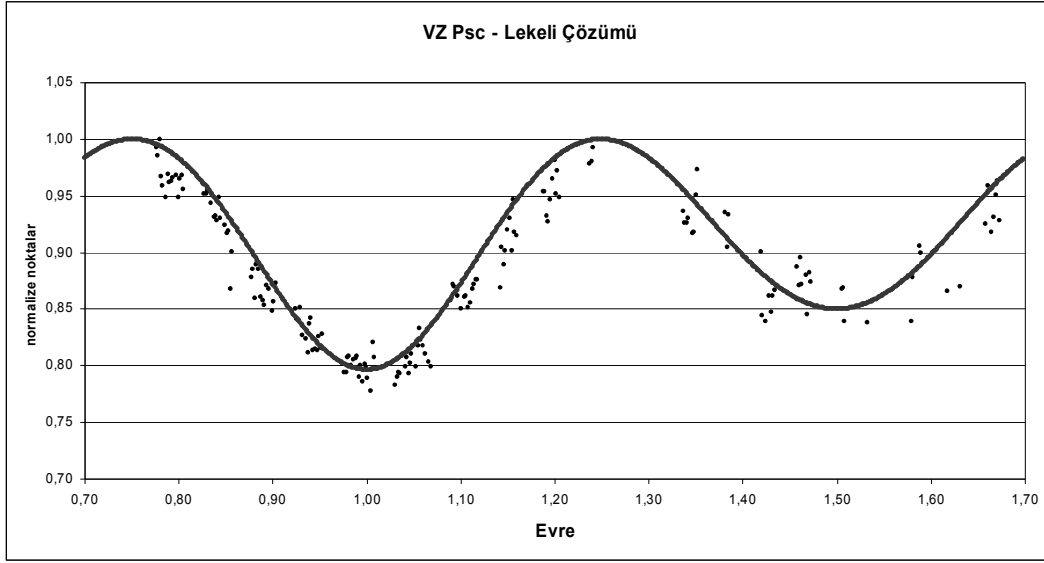
Öge	Hrivnak ve ark.(1995)	Bu çalışma
i	48^0	$43^0.86 (\pm 0.29)$
T_1 (K)	4500	4500
T_2 (K)	4110	$3613 (\pm 0.45)$
$A_1 = A_2$	0.5	0.5
$g_1 = g_2$	0.32	0.32
Ω_1	3.417	$3.444 (\pm 0.29)$
Ω_2	3.44	$3.419 (\pm 0.31)$
q	0.80	0.80
$L_{1,V} / (L_{1,V} + L_{2,V})$	0.685	$0.902 (\pm 0.15)$
$L_{1,B} / (L_{2,B} + L_{2,B})$	0.714	$0.814 (\pm 0.21)$
$x_{1,V} = x_{2,V}$	0.83	0.83
$x_{1,B} = x_{2,B}$	0.99	0.99
$r_{1,pole}$	0.360	0.3868
$r_{1,side}$	0.378	0.4115
$r_{1,back}$	0.407	0.4561
$r_{2,pole}$	0.3492	0.3730
$r_{2,side}$	0.3664	0.3960
$r_{2,back}$	0.3976	0.4423

Çözümde bazı öğeler sabit tutulmuştur. Bunlar,

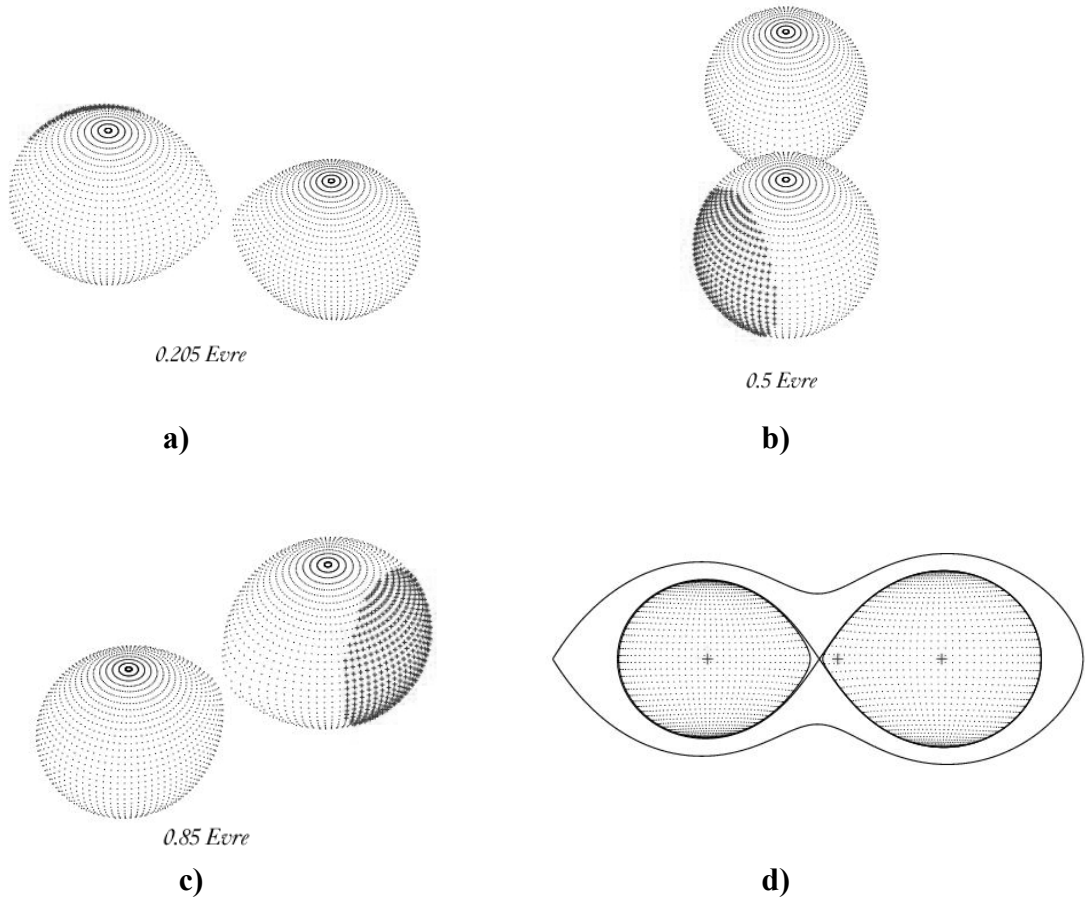
- 1- başyıldızın sıcaklığı (T_1),
- 2- çekim kararım katsayısı (g),
- 3- tüm ışınım yansıtımları (A),
- 4- kütleler oranı (q),
- 5- kenar kararım katsayısı (x).

Çözüm sırasında en iyi sonucu veren ve değen dizgeler için kullanılan *Mode 3* ile çözüme ulaşıldı. Yörünge eğikliği, yoldaşın sıcaklığı, bileşenlerin yüzey potansiyelleri ve başyıldızın kesirsel ışıması değişken alındı. En iyi çözüme, başyıldıza yerleştirilen bir soğuk leke ile ulaşıldı. Bu modda elde edilen öğeler Tablo 4.1’de verilmiştir.

Leke başyıldızın eşlek bölgesinde, boylamı 118^0 büyüklüğü 57^0 ve sıcaklığı fotosfer sıcaklığının 0.97 katıdır. Tablo 4.1’de verilen öğeler ve leke öğeleri kullanılarak V renginde elde edilen teorik eğrisinin gözlemlerle karşılaştırılması Şekil 4.1’de verilmektedir.



Şekil 4.1. V-bandı ışık eğrisi (nktalar) ve bulunan öğelerle hesaplanan ışık eğrisi (sürekli çizgi).



Şekil 4.2 VZ Piscium dizgesi için oluşturulan model a) 0.205 evre b) 0.5 evre c) 0.85 evre d) Roche Loblarının doluluk oranı

Elde edilen çözüm sonuçları kullanılarak *Binary Maker* isimli program yardımıyla bulunan bu öğelerin modellemesi yapıldı. Şekil 4.2’de yapılan modelleme gösteriliyor.

Bu öğeler *Hrivnak ve ark.*^[12] tarafından elde edilen dikine hız eğrilerinin verileri ile birleştirilerek dizgenin salt öğeleri hesaplanmıştır. Bulduğumuz salt öğeler *Hrivnak ve ark.*^[12] tarafından bulunan salt öğelerle birlikte Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2 Hrivnak ve ark.’in yaptığı çalışma ile bu çalışma bulunan salt öğelerin karşılaştırılması

Öge	Hrivnak ve ark.(1995)		Bu çalışma	
	Başyıldız	Yoldaş	Başyıldız	Yoldaş
Kütle (M_{\odot})	0.81	0.65	0.90	0.72
Yarıçap (R_{\odot})	0.78	0.70	0.87	0.84
Sıcaklık (K)	4500	4110	4500	3613
Işıtma(L/L_{\odot})	0.224	0.126	0.275	0.107

5.Sonuçlar

Kimi araştırmacılar tarafından değen, kimi araştırmacılar tarafından da değmeye yakın bir dizge olarak sınıflandırılan kısa dönemli VZ Psc dizgesinin çok renk ışıkölçümü ile geniş band ışık eğrilerini elde ettik. 48 cm’lik teleskop ve ona bağlı üç kanallı hızlı ışıkölçer ile elde edilen ışık eğrilerini yakın çift yıldızların analizinde oldukça başarılı ve güvenilir sonuçlar veren *Wilson ve Devinney* yöntemi ile analiz ettik. Bu analiz sonucunda dizgenin değmeye yakın bir dizgeden çok bir değen dizge olduğu kanısına vardık. Başyıldızın yüzeyine yerleştirdiğimiz bir soğuk leke ile ışık eğrilerindeki asimetriğin açıklanabileceği sonucuna vardık.

Dizgenin çift çizgili bir tayfsal çift olması salt öğelerin bulunmasında büyük kolaylık sağlar. Işık eğrilerinin analizi ile bulduğumuz öğeleri tayfsal verilerle birleştirerek bileşenlerin salt öğelerini hesapladık. Bulduğumuz salt öğeleri *Hrivnak ve ark.*^[12] tarafından bulunanlarla karşılaştırdık. Bizim bulduğumuz kütleler biraz daha büyüktür. Bunun nedeni, yörünge eğikliğindeki farktır. Bizim bulduğumuz yörünge eğikliği *Hrivnak ve ark.* tarafından bulunan değerden 4° daha küçüktür. *Hrivnak ve Milone*^[6] ise çok küçük bir yörünge eğikliği tahmin etmişlerdir. Onların bulduğu yörünge eğikliği 36° yöresinde olup *Hrivnak ve ark.*^[12] tarafından bulunandan 12° daha küçüktür. Işık eğrilerinde tutulma derinliklerinin çok az olması ve ışık eğrilerinin asimetrik olması, bu asimetriğin zamanla değişmesi nedeniyle böyle çok farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu dizgenin yapısının tam olarak anlaşılabilmesi, manyetik etkinlikten dolayı ışık eğrilerinin ve dikine hız eğrilerinin ne denli bozulduklarının tam olarak anlaşılabilmesi için dizgenin uzun bir zaman aralığına yayılmış hem ışıkölçüm hem de tayf gözlemlerine gereksinim vardır.

Kaynaklar

- [1] Bradstreet, D.H. (1985), K-type Overcontact Binaries *ApJS* 58, 413
- [2] Hilditch, R.W. King, D.J. Macfarlane, T.M. (1988), The evolutionary state of contact and near-contact binary stars *MNRAS* 231, 341
- [3] Vilhu, O. (1982), Detached to contact scenario for the origin of W UMa stars *A&A* 109, 17
- [4] Rucinski, S.M. (1986), in “Instrumentation and Research Programmes for Small Telescopes” *IAU*
- [5] Eggen, O.J., (1967), A High-Velocity Contact Binary *ApJ* 150, L111
- [6] Hrivnak, B.J., Milone, E.F., (1989), The unusual, high-mass-ratio contact binary VZ PISCUM *AJ* 97, 532
- [7] Guinan, E.F., Bradstreet, D.H. (1988), “*Formation and Evolution of Low Mass Stars*” eds. A.K. Dupree and M.T. Lago, D.Reidel, p.300
- [8] Wolff, S.C., Wallerstein, G., Sandage, A.R., (1965), Low-Dispersion Spectroscopic Observations of Proper Motion Stars with Ultraviolet Excesses *PASP* 77, 370
- [9] Bradstreet, D.H. (1985), K-type Overcontact Binaries *ApJS* 58, 413
- [10] Davidge, T.J., Milone, E.F. (1984), B and V Photometry of VZ Psc *IBVS* 2639

- [11] Samec, R.G. Ronald, G. (1989), 661B and V light curves of the very short-period binary VZ PISCUM, PASP 101, 661
- [12] Hrivnak, B.J.Guinan, E.F. Lu, W. (1995), A Study of the Chromospherically Active, Short-Period Binary VZ PISCUM ApJ 455, 300
- [13] Maceroni, C.; van Hamme, W.; van't Veer, F., (1990), A spotted component in the very close late-type binary system VZ PSC A&A234, 177
- [14] Yakut,K.,Eggleton, P.P. (2005), Evolution of Close Binary Systems ApJ 629, 1055
- [15] Rahunen, T. (1981), Evolution of W UMa systems and angular momentum loss, A&A 102, 82