

# DEĞEN ÇİFT YILDIZLARDAN KIRMIZI NOVALARA GİDEN İNCE YOL: KIRMIZI NOVALARIN SIRRI

Osman DEMİRCAN<sup>1</sup>, Fahri ALİÇAVUŞ<sup>2</sup> ve Filiz KAHRAMAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü ve  
Ulupınar Gözlemevi  
(eposta: demircan@comu.edu.tr)

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü ve Ulupınar Gözlemevi  
(eposta: fahrialicavus@comu.edu.tr)

<sup>3</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü ve Ulupınar Gözlemevi  
(eposta: filizkahraman@comu.edu.tr)

**Özet:** 2008 yılında 10 kadir birden (~10 000 kat) kırmızı nova olarak parlayan (Nova Sco 2008) yıldızının geçmişte yörünge dönemi 1.4 gün olan bir degen çift yıldız sistemi olduğu kanıtlanmıştır. Değen çift yıldızların manyetik yıldız rüzgarlarıyla büyük açısal momentum kayıpları sonucu tek yıldıza dönüşüm yolunda yaşlı (en az 0.5 milyar yaşında) çift yıldız sistemleri oldukları anlaşılmaktadır. Değen çift yıldızlardan kırmızı novalara bu evrimi daha iyi anlayabilmek için Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ulupınar Gözlemevi'nde bir proje geliştirilmiştir. Bu proje kapsamında yapılan bazı incelemeler sunulmaktadır.

## 1. Giriş

Yıldız birleşmeleri ve çarpışmaları yıldızların evrimlerinde önemli roller oynamaktadır. Özellikle yüksek merkezi yoğunluğa sahip kümelerde birçok yıldızda birleşme ve çarpışma olayları gözlenebilmekte ve bu olayların büyük kütleli yıldızların oluşumunda rol oynadığı düşünülmektedir (Bonnell ve ark., 1998). Dönemleri genellikle bir günden daha küçük olan degen çift sistemlerde de meydana gelen açısal momentum kayıpları nedeniyle bu yıldızlarında evrimlerinin sonunda birleşerek tek bir yıldız oluşturabileceği düşünülmektedir (Robertson&Eggleton, 1972).

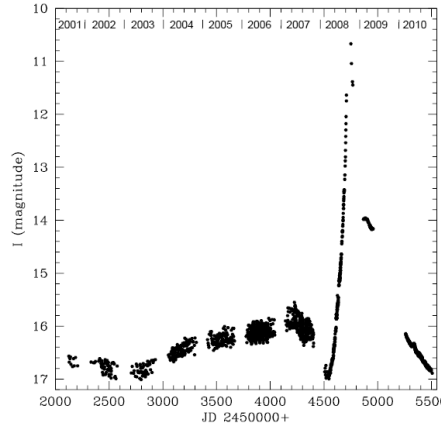
Son zamanlarda yapılan gözlemler ve incelemeler sonucunda degen çift sistemlerin birleşmelerinin sonucu olan ve “Kırmızı Novalar” olarak adlandırılan yıldız patlamalarına rastlanmıştır. Bu yıldız patlamalarına ilk örnek 2002 yılında V838 Mon sisteminin patlaması olmuştur. Bu nedenle bu tip patlamalar “V838 Mon türü patlamalar” olarak da adlandırılmaktadırlar. Bu patlamalar tipik olarak ışınımları maksimum  $10^6 L_{\odot}$  yükselen ve evrimleştikçe etkin sıcaklıkları giderek azalan patlamalardır. Bu aşamadan geçen sistemler ise sonuçta çok soğuk (süper)devlere ulaşırlar. V1309 Sco sistemi ise 2008 yılında gösterdiği patlamasıyla keşfedilmiş ve bu tip patlamalara örnek olan bir sistemdir. Bu sistem üzerine yapılan çalışmalar (Tylenda ve ark., 2011) sistemin patlamadan önce degen bir çift sistem olduğunu göstermektedir. Bizde yapmış olduğumuz bu çalışmada V1309 Sco yıldızının birleşmeden önceki, henüz hala degen bir çift sistemken ki mevcut ışık eğrilerinin analizlerini yapıp yıldızın birleşme öncesi geçirdiği evreleri analiz etmeye çalıştık.

## 2. V1309 Sco ve Gözlemleri

V1309 Sco, Nova Sco 2008 olarak bilinen ve 2008 yılında Nakano tarafından keşfedilmiştir. Literatürde yapılan incelemeler göstermiştir ki sistemin ilk önceleri F türü bir dev yıldızmış (2008a). Daha sonra ki incelemelerde sistemin bir aylık bir süre zarfında

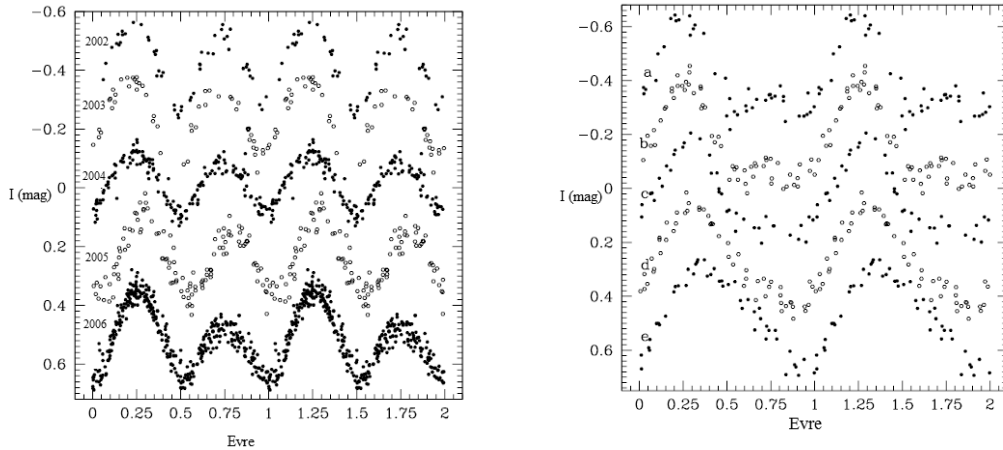
K ve ön M tayf türünden yıldızla evrimleştiğini göstermektedir (Mason ve ark., 2010) (Rudy ve ark., 2008). Keşfedildikten 8 ay sonra sistem M tayf türünden bir dev olarak gözlenmiştir (Mason ve ark., 2010). Sistem üzerine yapılan incelemeler daha öncede belirttiğimiz üzere sistemin V838 Mon türü patlamaların özelliklerini paylaştığını göstermiştir. (Maksimum parlaklıktan sonra düşük sıcaklığa evrimleşme ve parlaklıkta zamanla meydana gelen azalma gibi).

V1309 Sco'nun ışık eğrileri ise OGLEIII ve OGLEIV projesi tarafından alınan verilerden elde edilmiştir. Yıldızın galaksi merkezine yakınlığı nedeniyle ( $l=359.8$ ,  $b=-3.1$ ) bu proje aşamasında patlamadan önceki 6 yıllık süre boyunca gözlemi yapılmıştır. Sistemin gözlemleri 2001 ağustos ayından beri yapılmış ve I bandında yaklaşık 2000'e yakın verisi elde edilmiştir. Yapılan gözlemlerin hatası ise  $0^m.01$  olarak verilmiştir



Şekil-1. Sistemin OGLEIII ve OGLEIV tarafından elde edilen verileri ( Tylenda ve ark.,2011).

Sistem patlamadan sonra I bandında  $6^m.8$  parlaklığına ulaşmıştır fakat OGLE projesinde yapılan gözlemlerde sistemin parlaklığının çok fazla artması sonucunda bu parlaklıklarda sistemden veri elde edilememiştir. OGLE tarafından elde edilen ışık eğrilerinin yıllara göre ayrı ayrı çizdirilen ışık eğrisi Şekil 2'de verilmiştir



Şekil 2. Sol taraftaki şekil V1309 Sco'nun 2002-2006 yılları arasındaki ışık eğrisi, Sağ taraftaki şekil ise, 2007 yılındaki ışık eğrisi ( Tylenda ve ark.,2011).

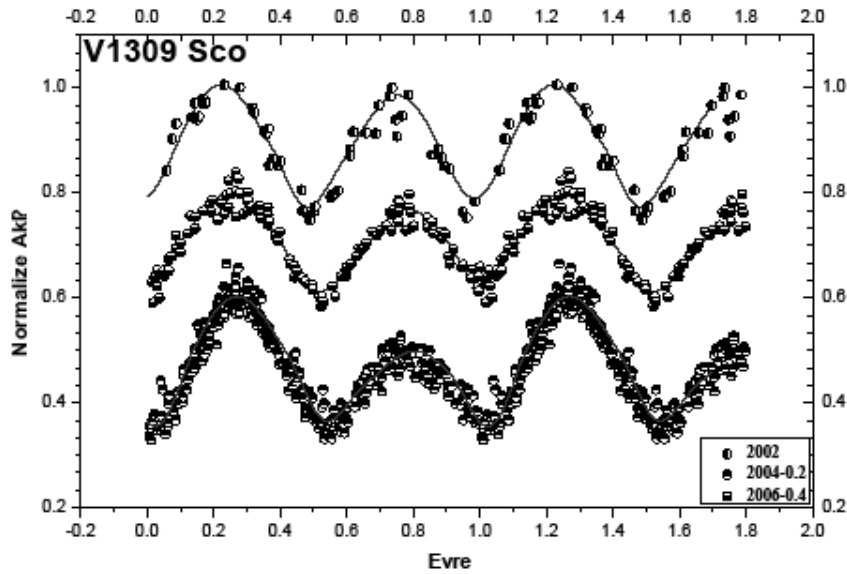
Şekil 2'de verilen ışık eğrilerinden de görüleceği üzere sistemin 2002 ile 2006 yılları arasındaki ışık değişiminde ikinci maksimumlar giderek azalmaktadır. Daha sonraki zaman diliminde ise ikinci maksimumların iyice gözden kaybolduğu görülmekte ve bundan sonraki aşamada artık birleşmenin son evresini oluşturmaktadır. V1309 Sco'nun birleşmeden sonra elde edilen ışık eğrilerinde ise artık sadece sıcak lekeli bir yıldızın ışık değişiminden kaynaklanan ışık eğrisinin olduğu düşünülmektedir ( Tylenda ve ark., 2011).

V1309 Sco'nun ışık eğrilerinin yorumlanması sırasında değişim türü tartışılmıştır: Yıldızın 0.7 gün dönemli zonklayan bir yıldız olabileceği, FK Com türü 1.4 gün dönemli çift lekeli bir sistem olabileceği ve de 1.4 gün dönemli bir degen çift sistem olabileceği üzerinde durulmuş ve sonuçta ışık değişimi nedeninin 1.4 gün dönemli bir degen yıldız olduğu sonucuna varılmıştır.

### 3. Analiz ve Bulgular

V1309 Sco sisteminin patlama öncesinde OGLE projesiyle yapılan gözlemlerinden elde edilen ışık eğrileri 2007 yılına kadar bir dönemde çift maksimum, çift minimum gösterirken yavaş yavaş 2. maksimumun yok olmasıyla tek minimum tek maksimuma dönüşmüştür. Bu dönüşüm aslında sistemin birkaç yıl içinde degen çift yıldız durumundan tek yıldızla evrimleştiğini açıkça göstermektedir. Ancak ışık eğrileri çok saçılmalı olduğu için şimdiye kadar çözülmemiştir. Dönüşüm sırasında sistem parametrelerinin nasıl değiştiğinin ortaya çıkarılması oldukça önemlidir. Biz bu bağlamda sistemin temel parametrelerinde meydana gelen değişimleri irdeleyebilmek için patlamadan önceki I bandında alınan 2002, 2004 ve 2006 ışık eğrilerini analiz ettik. Analizler öncesinde sistemin 2002 ışık eğrisi kullanılarak kütle oranı taraması yapılmış ve en olası kütle oranı değerinin  $q=0.1$  olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda Darwin kararsızlığı olarak adlandırılan teoriyi destekler niteliktedir. Bu teoriye göre kararsızlık başladıktan sonra yörünge açısal momentumu hızla baş bileşenin dönme açısal momentumuna aktarılır ve sistem tek yıldızla dönüşür. Değen çift sistemler içinde kütle oranı  $q \leq 0.1$ 'den küçük olduğu durumda bu olayın gerçekleşeceği söylenmiştir (Rasio, 1995).

Elde edilen bu kütle oranı ile öncelikle sistemin 2002 ışık eğrisi çözülmüştür. Bu çözümde ikinci maksimumda meydana gelen çökmenin 0.75 evresi civarındaki maddenin ışık soğurmasından kaynaklandığı kabul edilmiş ve bu durum çözüm sırasında leke ile temsil edilmiştir. Diğer ışık eğrilerinin çözümünde de bu çökme aynı şekilde leke ile temsil edilmiş ve leke çapının giderek arttığı yani soğurucu madde miktarının beklenildiği üzere zamanla arttığı görülmüştür. Sistemin ışık eğrisi çözümü Wilson-Devinney programı yardımıyla yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen çözümün gözlem noktaları ile uyuşumu Şekil 3'te gösterilmiştir. Ayrıca, her bir ışık eğrisi için en iyi çözümü veren parametreler Çizelge 1'de ayrı ayrı verilmiştir.



Şekil 3. V1309 Sco sisteminin yıllara göre yapılan ışık eğrisi analizi sonucu bulunan teorik eğri ile gözlemlerin karşılaştırılması.

Çizelge 1. V1309 Sco'nun Işık eğrisi çözüm parametreleri (\* Tylenda ve ark. 2011)

Parametre	2002 yılı	2004 yılı	2006 yılı
q	0.107(30)	0.099(23)	0.178(17)
T <sub>1</sub> (K)	4500*	4500*	4500*
T <sub>2</sub> (K)	4822(68)	4781(35)	5128(28)
i (°)	62.72(154)	62.57(95)	63.51(82)
Ω <sub>1</sub>	1.911(260)	1.932(144)	2.176(98)
Ω <sub>2</sub>	1.911	1.932	2.176
L <sub>1</sub> / (L <sub>1</sub> +L <sub>2</sub> )	0.82(11)	0.85(7)	0.73(4)
Fill-out	25	34	100(MOD 6)
<b>Leke Parametreleri (yoldaş bileşen üzerinde)</b>			
Enlem	90	90	90
Boylam	330	330	270
R	32.1	43.217	129.64
T	0.76	0.76	0.76

#### 4. Yorum ve Sonuç

2008 yılında gerçekleşen Nova Sco 2008 patlaması 17. kadirde olan bir yıldız 10 kadir birden parlamış, alışılmadık biçimde bir kırmızı nova oluşturmuştur. Patlama öncesi OGLE gözlemleri bu yıldızın patlama öncesinde bir degen çift yıldız olduğunu kanıtlamıştır. Bu degen çift yıldız sisteminin V1309 Sco olduğu anlaşılmıştır. Bu gözlemsel kanıt degen çift yıldızların evrimlerinin bir aşamasında tek yıldızla dönüştüklerini gösteren tek kanıttır. Dönüşüm koşulları henüz bilinmemektedir. V1309 Sco'ya ait gözlemsel veriler bu koşulların ortaya çıkarılmasında en değerli belgeleri oluşturmaktadır. Sistemin dönem değişimi Tylenda ve ark. (2011) tarafından analiz edilmiş ve yörünge döneminin üstel olarak yılda 5 dakika azaldığını göstermiştir.

Bu çalışmada hemen patlama öncesinde elde edilen ışık eğrilerinin analiziyle sistemin fiziksel ve geometrik öğelerinin nasıl değiştiği incelenmiştir. Öncelikle ışık eğrisi analizlerinden kütle oranının 0.1 değerinin biraz altına indiği, hemen devamında kütle oranının büyük ihtimalle sistemi saran zarfın yan etkisi olarak artma eğilimi gösterdiği, 2 yıl içerisinde L<sub>2</sub> noktasından veya L<sub>1</sub> noktasından akan maddenin 0.75 evresi civarında birikerek bu evrelerde sistemden gelen ışığı soğurduğu, ikinci bileşenin birincinin atmosferi içine girerken ışık eğrisinde ikinci maksimumun yavaş yavaş kaybolduğu ve sistemin, çevresinde bir disk olan tek yıldızla dönüştüğü anlaşılmıştır.

#### 5. Kaynaklar

- Bonnell, I. A., Matthew, R. B. & Zinnacker, H. 1998, MNRAS, 298, 93  
Mason, E., Diaz, M., Williams, R. E., Preston, G., Bensby, T., 2010, A&A, 516A, 108.  
Nakano, S. 2008, IAU Circ., 8972  
Rasio, F. A. 1995, ApJ, 444, L41  
Robertson, J. A. & Eggleton, P. P. 1977, MNRAS, 179, 359  
Rudy, R. J., Lynch, D. K., Russell, R. W., Kaneshiro, B., Sitko, M., & Hammel, H. 2008a, IAU Circ., 8976  
Shara, Michael M., Zurek, David, Prialnik, Dina, Yaron, Ofer, Kovetz, Attay, 2010ApJ, 725, 824.  
Stępień, K., 2011, A&A, 531A, 18.  
Tylenda, R., Hajduk, M., Kamiński, T., Udalski, A., Soszyński, I., Szymański, M. K., Kubiak, M., Pietrzyński, G., Poleski, R., Wyrzykowski, Ł., Ulaczyk, K., 2011, A&A, 528A, 114.  
Wilson, R.E., Devinney, R.J., 1971. ApJ 166, 605.