

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Prof. Dr. M. Türker Özkan
Türker

83147

DOKTORA TEZİ

83147

**CÜCE NOVALARIN
UZUN SÜRELİ DAVRANIŞLARI**

Astronomi ve Uzay Bilimleri Ana Bilim Dalı
Yıldız Atmosferleri Programı

Hazırlayan: Tansel AK

Danışman: Prof. Dr. M. Türker ÖZKAN

İSTANBUL

TC. YÜKSEKÖĞRETİM BAKANLIĞI
DOKÜMANİSTAN

Şubat - 1999



Gerçekten sahip olabildiğimiz tek şey anılarımızdır. Bu doktora çalışması, genç yaşta yürekleri burarak uçmak olan Dr. Levent Denizman'ın anısına ithaf edilmiştir.

**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Bu çalışma 10/03/1999 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı Yıldız Atmosferleri programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.



İMZA

Prof. Dr. M. Türker ÖZKAN
Danışman



İMZA

Prof. Dr. Hüseyin MENTEŞE

İMZA



İMZA

Prof. Dr. Osman DEMİRCAN

İMZA

ÖNSÖZ

Kataklismik çift yıldızların IUE tayfları ile ilgili bir yüksek lisans tezi ve birkaç çalışmanın ardından, üzerinde çalıştığımız sistemlere daha farklı bir dalgaboyu bölgesinden, daha farklı bir veri türü ile yaklaşmamız gerektiğine inanıyordum. Cüce novaların uzun dönemli görsel fotometrik davranışlarının incelenmesinde gördüğüm eksiklikler, bu çalışma alanına yönelmeme sebep oldu. Bu konuda yapılan çalışmalarda karşılaşılan ilk güçlük olan veri toplama aşamasının, bir doktora çalışmasına biçilen süre ile kıyaslandığında hiç de azımsanmayacak kadar uzun, birkaç yıl, ölçüm ve analiz aşamalarının ise buna yakın bir zaman aldığı düşünülürse, benzer çalışmalara literatürde neden çok ender rastlandığı anlaşılabilir. Uzun zaman ve yoğun emek isteyen bu tür bir araştırma, ancak bir doktora tezi çerçevesinde yapılabilirdi. Bu doktora çalışması, cüce novaların uzun dönemli görsel fotometrik davranışlarının incelenmesi alanında önemli bir eksikliği tamamlamaktadır.

Hemen belirtmeliyim ki, henüz değerlendirmeye girmemiş, neredeyse tümü ham vaziyetteki verilerin bir kısmını çalışmamın hizmetine sunan, doktora tezimin konusunu kendisi ile yüzyüze tartışma şansı bulabildiğim AAVSO Başkanı Dr. J.A. Mattei'ye, ve gene aynı nitelikteki verilerin çok kısa bir süreç içinde elime geçmesini sağlayan RASNZ Başkanı Dr. F.M. Bateson'a minnettarım.

Bu çalışma konusuna yönelmemdeki desteği, çalışmalarına teşvikleri ve öğretici tartışmalarından dolayı danışmanım Prof. Dr. M. Türker Özkan'a, verilerin elde edilmesi sırasındaki zorlukların hafifletilmesi yönünde destekleri sebebiyle İ.Ü. Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü Başkanı Prof. Dr. Dursun Koçer'e, çalışmam boyunca fikirleri ve tartışmalarından yararlandığım çalışma arkadaşlarıma ve hocalarıma şükranlarımı sunar, bana, araştırmamın konusunu kendisi ile tartışma fırsatı veren Prof. Dr. Osman Demircan'a teşekkür ederim.

Hazırladığı bir bilgisayar programı sayesinde, ı ışık eğrileri üzerindeki ölçümlerle ilgili dönemin daha kısa ve verimli geçmesini sağlayan değerli arkadaşım Dr. Tuncay Özişik'a da ayrıca teşekkür ederim.

Eğer sevgili eşim Yard. Doç. Dr. Serap Güngör Ak'ın gönülden destekleri, ve kızımız Ceren'in ışığı olmasaydı, bu çalışmanın gerçekleşmesi çok daha zor olurdu.

Bu çalışma, İ.Ü. Rektörlüğü Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir, Proje No: T-141/241095.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	VI

I- GİRİŞ.....	1
I-1. Cüce Novalar.....	5
I-2. Cüce Nova Patlamalarının Sebebi.....	8
I-3. Cüce Nova Patlamaları ve Uzun Dönemli Görsel Işık Eğrileri.....	14
II- VERİLER VE YÖNTEM.....	29
II-1. Veriler.....	29
II-2. Yöntem.....	33
II-2.1. Işık eğrisi parametreleri.....	36
II-2.2. Ölçüm seviyeleri.....	37
II-2.3. Analizler.....	40
III- BULGULAR.....	46
III-1. Aritmetik Ortalamalar.....	46
III-2. Frekans Dağılımları.....	53
III-2.1. Patlama sürelerinin frekans dağılımları.....	54
III-2.2. Çevrim sürelerinin frekans dağılımları.....	56
III-2.3. Sakin evre sürelerinin frekans dağılımları.....	57
III-2.4. Çıkış ve iniş oranlarının frekans dağılımları.....	58
III-3. Korelasyon Analizleri.....	58
III-3.1. Işık eğrisi parametrelerinin her sistem için birbirleri ile ilişkileri.....	59
III-3.2. Ortalama ışık eğrisi parametrelerinin birbirleri ile ilişkileri.....	64
III-3.3. Ortalama ışık eğrisi parametrelerinin sistemlerin fizik parametreleri ile ilişkileri.....	72
III-3.4. Ortalama ışık eğrisi parametrelerinin, sistemlerin fizik parametrelerinin bulunmasında kullanılması.....	79
III-4. O-C Eğrileri.....	81
III-5. Uzun Dönemli Hareketli Ortalamalar.....	82

III-6. Ortalama Işık Eğrisi Parametrelerinin Kuramsal ve Gözlemsel İlişkilerinin Karşılaştırılması.....	84
III-6.1. Patlama süreleri.....	84
III-6.2. İniş oranları.....	87
III-6.3. Çevrim süreleri.....	88
III-7. Fourier Periyot Analizleri.....	92
IV- TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	102
V- KAYNAKLAR.....	121
VI- ÖZGEÇMİŞ.....	127
VII- EKLER.....	131
EK-1.	132
EK-2.	134
EK-3.	136
EK-4.	138
EK-5.	139
EK-6.	142
EK-7.	149

ÖZET

CÜCE NOVALARIN UZUN SÜRELİ DAVRANIŞLARI

Bu çalışmada, cüce novaların 39 üyesinin AAVSO ve RASNZ'den alınmış uzun dönemli görsel ışık eğrileri incelenmiş, sonuçlar cüce nova patlama modellerinin sınanmasında kullanılmıştır. Çalışmamızın sonuçları hiçbir patlama modelini açıkça desteklemezken, gözlemlerin, disk kararsızlığı modeli ile genelde uyumlu oldukları görülmüştür. Çevrim sürelerinin ortalama değerleri, SU UMa sistemlerindeki normal patlamaların yığılma diskinin iç kısmında oluştuklarını göstermektedir.

Korelasyon analizlerinde, ortalama ışık eğrisi parametreleri arasında evvelce bulunmuş bazı korelasyonlar onaylanırken, bazıları reddedilmiş, örneğin HL CMa ve RX And için yeni korelasyonlar önerilmiştir. Ortalama iniş ve çıkış oranı, ve patlama süresi ile yörünge periyodu arasındaki ilişkiler, sırası ile,

$$\Delta t_{\text{dec}} [\text{gün}^m] = 0.324(\pm 0.030) P_{[\text{saat}]} + 0.291(\pm 0.159)$$

$$\Delta t_{\text{rise}} [\text{gün}^m] = 0.131(\pm 0.022) P_{[\text{saat}]} + 0.213(\pm 0.103)$$

$$tb_{[\text{gün}]} = 1.412(\pm 0.165) P_{[\text{saat}]} + 2.484(\pm 0.885)$$

olarak bulunmuştur. Bu bağılıklardan, yörünge periyodu ve bileşen yıldız kütlesi bilinmeyen CY Lyr, FQ Sco, UY Pup, FO Per ve AT Ara'nın bu parametreleri sırasıyla $2.14(\pm 0.79)$, $3.20(\pm 0.90)$, $3.60(\pm 0.94)$, $5.89(\pm 1.18)$, ve $6.42(\pm 1.23)$ saat, ve $0.18(\pm 0.07)$, $0.31(\pm 0.09)$, $0.36(\pm 0.09)$, $0.64(\pm 0.13)$, ve $0.71(\pm 0.13) M_{\odot}$ olarak önerilmiştir. Bunlara ilaveten, beyaz cüce kütlesi ile yörünge periyodu arasında,

$$tb_{[\text{gün}]} = 14.199(\pm 3.631) M_1[M_{\odot}] - 3.332(\pm 3.334)$$

ilişkisi ortaya konulmuştur. O-C eğrileri ve uzun dönemli hareketli ortalamalar yöntemi, ışık eğrisi parametrelerinin uzun dönemli değişkenliklerini sergilemektedirler.

Uzun dönemli hareketli ortalamalar yöntemi ile elde edilen korelasyonlar, Ichikava ve Osaki'nin [73] model öngörülerini desteklemez. Disk kararsızlığı modeli ile gözlemlerin karşılaştırılmasından, viskozite sabiti α_H için 0.11 ($1^h.33 < P < 10^h.5$) ve 0.33 'lük ($1^h.33 < P < 2^h.00$) ortalama değerler elde edilmiştir. Bu karşılaştırmalar göstermiştir ki model parametreler yeniden değerlendirilmeli, ve bunların zamana bağlı değişimleri dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmada, cüce novaların sakin evre parlaklıklarına Fourier periyot analizleri yöntemi ilk kez uygulanmış, ve bileşen yıldızların manyetik aktivitelerinin varlıkları bu yolla da ortaya konulmuştur. Ayrıca, manyetik çevrimin genliği ile ışık eğrisi parametreleri ve sistem parametreleri arasındaki korelasyonlar ilk kez ortaya konularak, çevrim genliğinin, bileşen yıldızın manyetik etkinliğinin bir ölçüsü olabileceği gösterilmiştir.

SUMMARY

LONG-TERM BEHAVIOUR OF DWARF NOVAE

In this work, statistical analyses of the long-term visual light curves of 39 dwarf novae, which are taken from AAVSO and RASNZ, are done, and results are used to test dwarf nova outburst models. While our results do not clearly support outburst models, it seems that they are generally in accord with the disk instability model. Average values of the cycle times show that normal outbursts of SU UMa systems are formed inner parts of the accretion disk.

Although some correlations among average long-term light curve parameters are in agreement with those found by previous workers, some of them are not. For instance, new correlations for HL CMa and RX And are suggested. Relations of average decline and rise rates, and outburst duration with orbital period are found as follows,

$$\Delta t_{\text{dec}} [\text{day}^{\text{m}}] = 0.324(\pm 0.030) P_{\text{[hour]}} + 0.291(\pm 0.159)$$

$$\Delta t_{\text{rise}} [\text{day}^{\text{m}}] = 0.131(\pm 0.022) P_{\text{[hour]}} + 0.213(\pm 0.103)$$

$$tb_{\text{[day]}} = 1.412(\pm 0.165) P_{\text{[hour]}} + 2.484(\pm 0.885)$$

respectively. From these relations, orbital periods and secondary masses of CY Lyr, FQ Sco, UY Pup, FO Per ve AT Ara are suggested as follows: 2.14(± 0.79), 3.20(± 0.90), 3.60(± 0.94), 5.89(± 1.18), 6.42(± 1.23) hours, and 0.18(± 0.07), 0.31(± 0.09), 0.36(± 0.09), 0.64(± 0.13), 0.71(± 0.13) $M_{\odot}$, respectively. In addition to these correlations, in this work, relation between the outburst duration and primary mass is given:

$$tb_{\text{[day]}} = 14.199(\pm 3.631) M_1[M_{\odot}] - 3.332(\pm 3.334)$$

O-C curves and long-term moving averages exhibit the long-term variability of the light curve parameters. Correlations inferred from long-term moving averages do not support the model of Ichikawa and Osaki [73]. Average viscosity coefficient α_H is calculated as 0.11 ($1^h.33 < P < 10^h.5$) and 0.33 ($1^h.33 < P < 2^h.00$), from comparison of disk instability model to observations. These comparisons reveal that model parameters should be re-examined and their time-dependence should be considered.

In this thesis, as a first application, quiescent magnitudes of dwarf novae are analyzed by Fourier periodogram analyses, and magnetic activities of the secondary stars are also demonstrated by this way. While correlations of cycle amplitude with the long-term light curve parameters and system parameters are found, it is shown that cycle amplitude can be a measure of magnetic activity of the secondary stars.

I- GİRİŞ

Gökcisimleri hem profesyonel hem de amatör astronomlar tarafından gelişen anlayış ve teknolojilerle gözlenegelmıştır. Bir cismin her astronomik gözlemi, doğrudan o cismin gözlemsel özelliklerinin ve/veya cisimde hüküm süren fiziksel olayların anlaşılmasını sağlaması beklenen verilerin elde edilmesi amacıyla yapılır. Bazen de uzun dönemleri kapsayan böyle bireysel gözlemlerin topluca ele alınması, gözlenen cismin doğasının ve fiziksel özelliklerinin zamana bağlı değişimlerinin anlaşılmasına yönelik fikirler verebilir.

Bu sebeple, her bireysel astronomik gözlem hangi amaçla yapılmış olursa olsun önemlidir. Carlos Jaschek “Data in Astronomy” [1] isimli kitabında astronomik gözlemin önemini şöyle bir benzetmeyle vurgular: “...Gözlemler Strasbourg Katedrali’nin taş blokları gibidirler, her biri önemlidir ve birisinin bireysel çalışmasıdır. Binadaki yerini aldığı zaman bireyselliğini yitirir...”. Bireysel gözlemlerin biraraya gelmesi ile oluşan bu veri katedrali bizlere gözlenmiş cisimlerin uzun dönemli karakteristiklerini sunarak onları anlamamıza, aralarındaki farkları ortaya koymamıza yardımcı olur. Böylece gök cisimlerini genel fiziksel özellikleri ile tanımlayarak sınıflayabiliriz.

Uzun dönemli bireysel fotometrik ve spektroskopik gözlemlerin biraraya getirilmesi ile kendine özgü bir sınıf teşkil ettiği anlaşılmış olan yıldız türlerinden biri de *kataklismik değişen yıldızlardır*. Özgün tanıma göre bir yıldızı kataklismik değişen yapan gözlemsel özellik, öngörülemeyen parlaklık artışları olan *patlamalardır*. Bu cisimler patlama şiddetleri, süreleri ve meydana gelme sıklıkları bakımından kendi aralarında da önemli farklılıklar gösterirler. Gözlemler sistemlerin yapısının bu patlamalar tarafından ciddi bir biçimde etkilenmediğine işaret etmektedir. Yapılan

alışmalar patlama göstermedikleri halde, yapıları patlama gösteren sistemlerle aynı olan ya da benzeyen cisimlerin varlığını ortaya koymuştur. Böylece kataklismik değişenler grubuna patlama göstermeyen bazı sistemler de dahil edilmiştir.

Bilinmektedir ki kataklismik değişenler çift yıldıızlardır. Bu nedenle kataklismik değişen yıldıızlar yerine sık sık *kataklismik çift yıldıızlar* terimi kullanılmaktadır. Roche modeline göre sistem bileşenlerinden biri (*birincil yıldıız veya birincil bileşen*), yarıçapı Roche lobundan çok daha küçük olan bir beyaz ccedir. Diğer bileşen (*ikincil yıldıız, ikincil bileşen veya sadece bileşen*) Roche lobunu doldurmuştur ve i Lagrange noktasında bu lobu taşırmaktadır. İkincil yıldıızın Roche lobundan taşan materyal beyaz cücenin Roche lobuna girer. Bileşen yıldıızdan gelen materyalin yüksek açısal momentumu, açısal momentumun korunması gereği, ve beyaz cücenin küçük boyutları bu materyalin merkezi cisim üzerine düşmesini engeller. Bileşenden akan madde beyaz cücenin etrafındaki bir yörüngede dolanmaya başlar, ve sürekli olarak gelen yeni materyalle buluşur. Böylece merkezi cisim etrafında bir halka oluşur. Viskoz kuvvetlerin etkisiyle adım adım açısal momentum kaybeden halka maddesi, sistemin dönme düzleminde yer alan bir *yığılma disk*i oluşturacak şekilde yayılır. Diskin i kenarı beyaz cüceye kadar uzanır. Disk materyali beyaz cüceye yaklaşırken fazla çekimsel enerjisinden kurtulmak zorundadır. Virial teoremine göre fazla çekimsel enerjinin yarısı disk materyalinin kinetik enerjisine dönüşürken, diğer yarısı yığılma diskinin parlak bir cisim gibi ışmasına sebep olarak radyatif enerjiye dönüşür. Yığılma diskinin dış kenarında, bileşen yıldıızdan gelen materyalin diske çarptığı yerde *sıcak leke* veya *parlak leke* olarak adlandırılan bir bölge oluşur. Diskin en iç kısmında ise daha farklı bir olay meydana gelir: Buraya ulaşan materyal beyaz cücenin dönme hızına frenlenir, ilave radyatif enerji salınır, ve materyalin basıncının beyaz cücenin manyetik basıncı ile dengelendiği yer ile beyaz cüce yüzeyi arasında yeni bir bölge oluşur (*sınır tabaka*). Yeterince yüksek manyetik alan şiddetine (10^7 - 10^8 Gauss) sahip beyaz cüceler içeren sistemlerde yığılma diskinin oluşumu manyetik alan tarafından engellenebilir [2].

Diskteki sürtünme kuvvetleri olmasa, bileşen yıldıızdan yığılma diskinde aktarılan materyal yığışmaksızın sonsuza dek beyaz cüce etrafında dolandır. Taneciklerin enerji

kaybetmelerine ve böylece beyaz cüceye doğru spirallenmelerine sebep olan tek şey viskozitedir. Fazla açısal momentum materyalin küçük bir kısmı tarafından beyaz cüceden uzağa taşınır. Öyleyse yığılma diskinin davranışını ve görünüşünü belirleyen fiziksel parametre viskozitedir. Fakat viskozite hakkında çok az şey bilinmektedir. Viskozite, diskin herhangi bir noktasından ne kadar enerji salındığını (yani sıcaklığı), beyaz cüceden herhangi bir uzaklıktaki optik kalınlığı ve muhtemel bir patlama davranışının varlığı ya da yokluğunu belirler. Patlama olayı varsa bunun gelişimini idare eder.

Kataklismik değişen yıldızların çok bileşenli karmaşık yapılarının doğal sonucu olan karmaşık fiziksel etkilerin tümünün Roche modeline dayanan kuramsal çalışmalarda hesaba katılamaması, bizi sistem bileşenlerini ayrı ayrı ele almaya zorlamaktadır. Sistem bileşenlerinin fiziksel özellikleri, birbirleri ve sistemin toplam ışınlamı üzerindeki etkileri ve sistemin toplam ışık değişimlerindeki rolleri hakkında çok az bilgimiz vardır [2].

Çalışmamıza konu olan cüce nova patlamalarının bu sistemdeki yeri yığılma diskidir [3]. Diskin kendisindeki bir işlemin veya kütle transfer miktarındaki ani bir artışın sonucu olarak yığılma diskinin büyük kısmı çöker ve patlama meydana gelir [4]. Bu konu ileride daha ayrıntılı bir şekilde ele alınacaktır.

Kataklismik çift yıldızlar uzun dönemli fotometrik gözlemlerine dayanılarak sınıflanmışlardır. Sınıfları ve onların alt sınıfları Tablo I-1’de verilen bu kataklismik değişen türlerinden sadece cüce novalar üzerinde durulacaktır.

Cüce novaların uzun dönemli fotometrik gözlemlerinin önemi, sınıflamanın ötesinde, yıldızların ışık değişimlerini sistem yapısına ilişkilendiren kuramların ortaya çıkmasının ardından daha da artmıştır [4]. Işık eğrilerinden elde edilen parametrelerin istatistik analizleri yoluyla kuramların sınanması veya sadece gözlemsel özelliklerin ortaya konması amaçlandığında, istatistik açıdan anlamlı sonuçların elde edilmesi verilerin uzun dönemli olmasını ve sürekliliğini gerektirmektedir.

Tablo I-1. Kataklişmik çift yıldızların sınıfları [5]. Tablo'nun ilk sütununda sınıflar büyük harflerle, alt sınıflar küçük harflerle ve italik olarak yazılmıştır. İkinci sütun patlama genliğini, üçüncü sütun bir patlama boyunca salınan enerjiyi, üçüncü sütun ise patlamaların tekrarlama periyotlarını gösterir.

SINIF	GENLİK (^m)	ENERJİ ÇIKIŞI (erg)	TEKRARLAMA PERİYODU
NOVA	8 – 18	$10^{44} - 10^{45}$	Tekrarlama yok
TEKRARLAYAN NOVA	7 – 9	$10^{43} - 10^{44}$	10 - 100+ yıl
CÜCE NOVA			
<i>U Gem</i>	2 – 6	$10^{38} - 10^{39}$	30 - 500+ gün
<i>SU UMa</i>	2 – 6	$10^{38} - 10^{39}$	10 - 30+ gün
<i>Z Cam</i>	2 – 6	$10^{38} - 10^{39}$	10 – 50+ gün
NOVA-BENZERİ YILDIZ			
<i>UX UMa</i>	—	—	—
<i>Anti-Cüce</i>	2 – 5	—	sönükleşme
<i>DQ Her</i>	—	—	—
<i>AM Her</i>	2 – 5	—	sönükleşme
<i>AM CVn</i>	—	—	—

Profesyonel gözlemevlerinin sayısının sınırlı olması ve bu kurumlardan gözlem zamanı almanın güçlükleri sebebiyle; profesyonel gözlemler belli bir cisim sınıfının mümkün mertebe çok sayıda üyesinin sürekli gözlenmesi ihtiyacını karşılamaktan uzaktırlar. Halbuki özellikle zamana bağlı değişimler sergileyen gökcisimlerinin uzun dönemler boyunca astronomik takibi bir ihtiyaçtır. Karşılanması zorunlu bu veri talebinin muhatabı böyle durumlarda amatör gözlemciler olmaktadır. Amatör astronomların büyük çoğunlukla görsel fotometrik gözlemlerden ibaret verileri AAVSO (American Association of Variable Star Observers) ve RASNZ (Royal Astronomical Society of New Zealand) gibi kurumlar tarafından derlenerek araştırmacılara sunulmaktadır.

Bu bölümde cüce novaların uzun dönemli görsel fotometrik özellikleri tanıtılmış (Bölüm I-1), patlamaları açıklama iddiasındaki iki model kavramsal olarak özetlenmiş ve karşılaştırılmıştır (Bölüm I-2). Son kısımda ise cüce novaların uzun dönemli görsel ışık eğrileri üzerinde şimdiye kadar yapılmış olan ve çalışmamız açısından önem arzeden bazı araştırmalara değinilerek, bunlarda kullanılmış olan ölçüm ve analiz yöntemleri tartışılmış, çalışmamızın amacı anlatılmıştır.

I-1. Cüce Novalar

Hind, 1855 yılının Aralık ayında nova gibi davranan bir cisim keşfeder: Cisim bir nova gibi aniden görünür olmuş, hemen sonra da gözden kaybolmuştur. Aynı cisim 1856 Mart'ında tekrar görülür ve gene gözden kaybolur. Parlaklığı yarı düzenli şekilde artıp azalan bu yıldız bir nova olamazdı. Benzer davranışı sergileyen başka yıldızların da keşfiyle, novalar gibi ani parlaklık artışı göstermelerine rağmen patlama genlikleri novalardan çok daha az olan, üstelik ve asıl önemlisi patlama davranışını tekrarlayan bu yıldızlara, iyi bir benzetme ile, *cüce nova* adı verildi. Keşfedilen ilk cüce nova olan U Gem'i 1896'da SS Cyg izledi, ve sonraları bu sistemlere yavaş yavaş yeni üyeler katıldı. Halen yüzlerce cüce nova bilinmektedir [2][10].

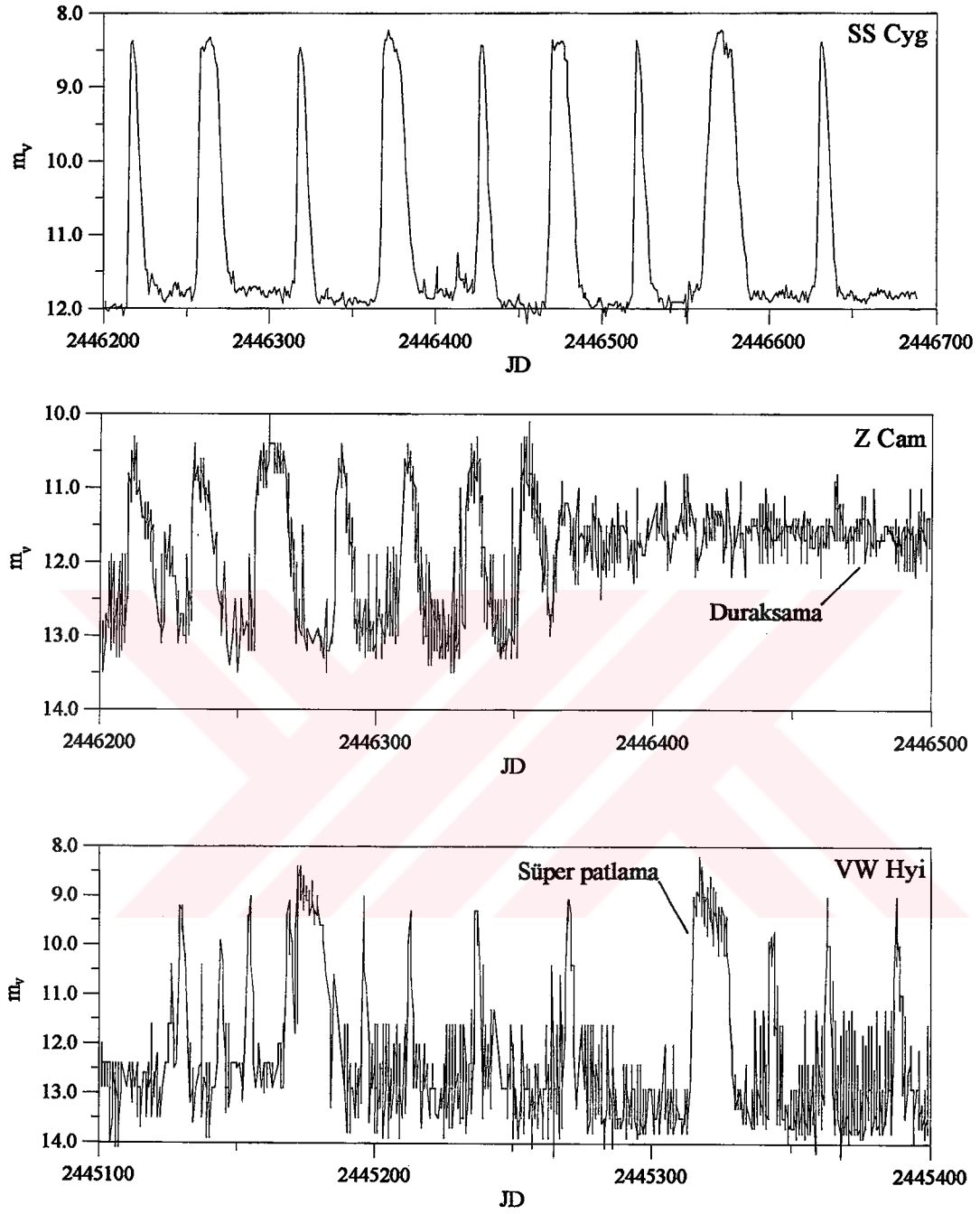
Bir cüce novanın tanımlayıcı özelliği, 10-500 gün veya daha uzun aralıklarla yarı düzenli olarak meydana gelen ve *patlama* kavramı yakıştırılan 2^m - 6^m genlikli parlaklık artışlarıdır. Cisimlerin çoğu sadece kısa zaman aralıkları için patlama evresinde görülebilirler. Patlama dönemlerinin dışında yıldız *sakin durum* veya *sakin evre* adı verilen sönük haldedir. Ancak cüce novaların onları alt sınıflara ayırmamıza sebep olan başka özellikleri de vardır. Cüce novalar uzun dönemli görsel ışık eğrilerine dayanılarak üç alt sınıfa ayrılmışlardır: U Geminorum (*U Gem*), SU Ursae Majoris (*SU UMa*) ve Z Camelopardalis (*Z Cam*) yıldızları. Bazı cüce novalar aslında ait olmaları gerekenden başka bir sınıfa dahil edilmiş olabilirler. Yapılacak ayrıntılı gözlemler bu sebeple onları bulunduklarından başka bir sınıfa kaydırabilir. Şimdi alt sınıfların birbirlerinden ayrılmasına dayanak teşkil eden özelliklere bakalım [5].

Tanımlanması en kolay ışık eğrilerine U Gem yıldızları sahiptir. Bu yıldızlar 30-500 gün veya daha uzun aralıklarla patlamalar gösterirler. Z Cam ve SU UMa tipi yıldızların sınıflamaya temel teşkil etmiş karakteristiklerini göstermeyen ya da en azından henüz böyle özellikleri gözlenmemiş olan sistemler U Gem sınıfına dahil edilirler (Şekil-I.1).

Z Cam yıldızlarının patlamaları 10-30 gün veya daha uzun aralıklarla meydana gelirler. Bu yıldızları U Gem tipi yıldızlardan ayıran gözlemsel özellik öngörülemeyen aralıklarla ortaya çıkan *duraksamalardır*. Duraksamalar, patlama maksimumundan sönükleşme aşamasına geçildiğinde, yıldız maksimum parlaklıktan itibaren toplam genliğin yaklaşık 1/3'ü kadar sönükleştiği zaman görülürler. Sistem duraksama boyunca parlaklık değişimini ya durdurur ya da 1 kadirde küçük genlikli parlaklık değişimleri sergiler. Süreleri değişkendir; birkaç hafta sürebildikleri gibi birkaç yıl da sürebilirler. Duraksamanın sonunda sistem sakin evreye kadar sönükleşmeye devam eder. Eğer sınıflamayı kuşkuyla hale getirecek başka gözlemler yoksa, bir cüce novanın bir kez bile duraksama göstermiş olması onun bu sınıfa dahil edilmesi için yeterlidir.

SU UMa yıldızları iki farklı tipte patlama gösterirler: Her 10-30 günde veya daha uzun aralıklarla meydana gelen 2^m - 6^m genlikli *normal patlamalar*, ve her 10-15 normal patlamada bir meydana gelen, normal patlamalardan 0.5^m - 1^m daha yüksek genlikli *süper patlamalar*. Genlikler arasındaki fark patlama sürelerine de yansımakta, süper patlamalar normal patlamalardan daha uzun sürmektedir. Süper patlamalar periyodiktir; öyle ki her yıldız iki ya da daha fazla süper patlama periyoduna sahiptir. Her periyot 3-30 çevrim sürer ve bir periyottan diğerine değişim ani olur. Bu alt sınıfın çok belirgin ve ilgi çekici bir özelliği de sadece süper patlamalar süresince gözlenen, sistemin yörünge periyodundan %2-3 daha uzun periyotlu, düşük genlikli osilasyonlar olan süperhörgüçlerdir.

Cüce novalar, haklarındaki bilgilere farklı açılardan yaklaşılarak çeşitli kataloglarda listelenmişlerdir. Bunlardan biri olan GCVS (General Catalogue of Variable Stars [6]) bilinen tüm değişen yıldız türlerini içermesi nedeniyle cüce novaların ayıklanmasını oldukça güçleştiren bir katalogdur. Ayrıca bu katalogda geleneksel şekilde cüce nova olarak tanımlanmış bazı yıldızların başka türlere atfedildiğine de (veya tersi) rastlanmaktadır. AAVSO Değişen Yıldız Atlası (AAVSO Variable Star Atlas) ise değişen yıldızların isimlerini, konumlarını, sınıflarını, ve parlaklık değişim aralıklarını vermesine, ve bu sebeple gözlemciler için çok pratik bir katalog olmasına rağmen, gene bilinen tüm değişen yıldızları listelemesi nedeniyle



Şekil I-1. Ait oldukları alt sınıfları en iyi şekilde temsil eden üç cüce novanın ışık eğrisi parçaları. SS Cyg, U Geminorum tipi cüce novaların; Z Cam, Z Camelopardalis tipi cüce novaların; VW Hyi ise SU Ursae Majoris tipi cüce novaların en çok gözlenmiş üyelerindendir. SS Cyg'nin burada sunulan gözlemleri günlük ortalamalardan oluşmuştur.

içinden cüce novaların ayıklanması konusunda güçlükler çıkmaktadır. Bununla beraber, pratikte bilinen cüce novaların büyük kısmı amatörler tarafından keşfedildiğinden ve cisimlerin çoğu amatörler tarafından sürekli bir şekilde gözlenebildiğinden, bu katalog daha uzun bir süre cüce novalar için kullanışlı bir kaynak olarak kalmaya devam

edecektir. Yörünge periyotları tespit edilebilmiş kataklismik çift yıldızların bilinen sistem parametreleri (kütleler, kütle oranları, parlaklık aralıkları, spektral tipler,...) ve sınıflamaları, Patterson [7], Ritter [8] ve Ritter ve Kolb [9] tarafından verilmiştir. Tüm cüce novaları içermemelerine rağmen bunlar sık sık başvurulanan oldukça iyi derlemelerdir. Sözü edilebilecek diğer bir katalog ise Downes ve ark. [10] tarafından yayımlanmıştır. Bu da genellikle gözlemcilerle seslenen ve kataklismik değişenlerin konumlarının, tiplerinin, parlaklık aralıklarının, ve bulundukları gökyüzü bölgesini resimleyen kartların bulunabileceği kaynakların listelendiği bir katalogdur. Pek çok kataklismik değişenin UBV renklerini ise Bruch ve Engel'in [87] katalogunda bulmak mümkündür.

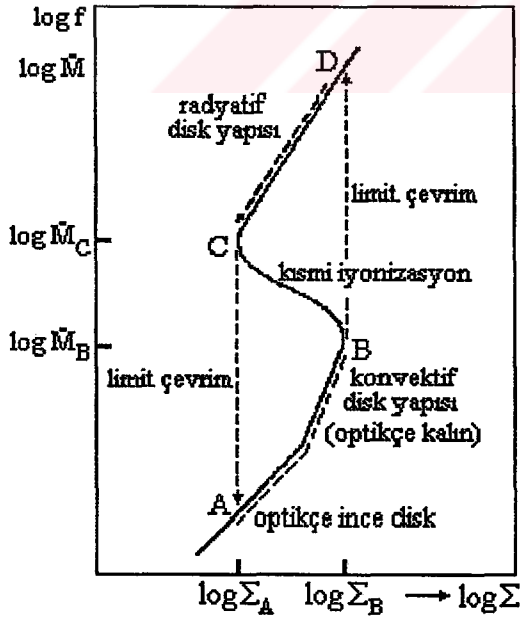
I-2. Cüce Nova Patlamalarının Sebebi

Bir yıldızın parlaklığını, çoğu zaman saatler mertebesindeki süreler içinde, olayın patlama adıyla anılmasına yol açacak kadar yüksek bir genlikle artıran fiziksel mekanizma nedir? Bu soruya cevap olmak üzere sunulmuş iki model vardır: Disk Kararsızlığı Modeli ve Kütle Transferi Kararsızlığı Modeli [11] [12] [13] [14].

Bunlardan *disk kararsızlığı modeli*, kütle transfer miktarının sabit kalması gibi bir temel varsayım altında, cüce nova patlamalarının diskin kendisinde meydana gelen kararsızlıkların sonuçları olduklarını iddia eder. *Kütle transferi kararsızlığı modeline* göre ise patlamalar kütle transfer miktarındaki ani artışların sonuçlarıdır. Çalışmamızda da bazı sonuçları itibariyle üzerinde durulacak olan disk kararsızlığı modeline göre:

Diskin merkezi yıldızdan itibaren belli bir r yarıçapındaki bir gaz elemanının bulunabileceği iki izinli fiziksel durum vardır: “Düşük viskozite” ve “yüksek viskozite” durumu. Buna bağlı olarak diskteki her bölge ile ilişkili iki kritik yüzey yoğunluğu vardır ki, bunlardan ilkinin ($\Sigma_{\max}$ veya Şekil I-2'deki Σ_B) üzerinde disk yüksek viskozite durumunda, ikincisinin ($\Sigma_{\min}$ veya Şekil I-2'deki Σ_A) altında ise düşük viskozite durumundadır. *Disk dış kenarından iç tarafına doğru madde akımı için viskoz zaman*

ölçeğinin kütle kaybeden yıldızdan ulaşan madde için kütle transferi zaman ölçeğine göre daha uzun olduğu süre boyunca (sakin evre), materyal beyaz cüceden itibaren diskin belli bir r yarıçapında $\Sigma(r) > \Sigma_{\max}(r)$ oluncaya kadar birikir. Sonra viskoz dağılma artar, ve bu artış hem daha kısa hem de daha uzun yarıçaplara doğru hareket eden artmış yüzey yoğunluğu dalgaları yoluyla halen uykudaki komşu disk parçalarına iletilir. Bu pulsar her yarıçapta bölgesel yüzey yoğunluğunu $\Sigma_{\max}$ 'ın üzerine çıkartarak eninde sonunda tüm yarıçaplarda ısınma başlatırlar. Isınma diskin tümünün ya da büyük kısmının iyonizasyonuna sebep olur (patlama evresi). Bu aşamanın bitiminin ardından disk kendisini bir yüksek viskozite durumunda bulur ki burada viskoz zaman ölçeği daha kısadır ve bu süre boyunca disk materyali merkezi cisim üzerine akar. Söz konusu durum devam ederken, diskin dış bölgelerindeki yüzey yoğunluğu belli bir noktada $\Sigma(r_{\text{dış}}) < \Sigma_{\max}(r_{\text{dış}})$ oluncaya kadar düşer. Bu, içeri doğru hareket eden ve her yarıçaptaki yüzey yoğunluğunu $\Sigma_{\min}$ 'in altına indiren bir soğuma dalgası başlatır, ve böylece disk düşük viskozite durumuna geri döner. Patlama bitmiş, sakin evre yeniden başlamıştır [15].



Şekil I-2. Stasyoner diskler için disk boyunca kütle akım miktarı-yüzey yoğunluğu ilişkisinin (Viskozite-yüzey yoğunluğu ilişkisine eşdeğer) şematik gösterimi. Sıcak ve soğuk durumlar arasındaki limit çevrim işaret edilmiştir [11] [16].

Dıştan içe doğru kütle akım oranı kütle transfer oranına eşit olan stasyoner bir disk, hem yüksek ($\dot{M} > \dot{M}_C$) hem de düşük ($\dot{M} < \dot{M}_B$) kütle akım oranları için kararlı (stable) olabilir, ama bunların arasındaki kısmi iyonizasyona karşılık gelen oranlar için

($\dot{M}_B < \dot{M} < \dot{M}_C$) kararlı olamaz. Eğer kütle transfer oranı bu aralığa düşerse, stasyoner disk yapısının sağlanması mümkün değildir. Bunun yerine disk yapısı soğuk (AB) ve sıcak (CD) kollar arasındaki bir *limit çevrim* içinde, Şekil I-2’de oklarla gösterildiği tarzda gider-gelir. Bu “limit-çevrim” değişik yarıçaplarda tutarlı şekilde işler. Tutarlılık sıcak ve soğuk durumdaki bölgeleri ayıran geçiş dalgaları (ısınma ve soğuma cepheleri) tarafından taşınır. Yüksek ve düşük kütle akım oranları arasındaki değişim, sırasıyla diskin yüksek ve düşük ısıma gücü ile kendisini gösterir ki, bu durum kataklismik çift yıldızlardaki sırasıyla *patlama* ve *sakin evreye* karşılık gelir.

Buraya kadar anlatılan disk kararsızlığı modelinde dikkati çeken iki temel hareket noktası vardır: Kütle transfer miktarı sabittir ve kararsızlık diskin kendisinde meydana gelir. Disk kararsızlığı modelinin cüce novalara uygulanması bazı temel öngörülerin sunulmasını sağlar. Bunları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür [11]:

(1) Cüce nova patlamaları disk içeren sistemlerle sınırlanmıştır. Disk kararsızlığı modeli çerçevesinde, disk içermeyen sistemlerde cüce nova tipi patlamalar beklenemez. Bu öngörüye tezat teşkil eden bir gözlem yoktur.

(2) Bir sistemin yörünge parametreleri bilinerek (beyaz cüce kütlesi M_1 , bileşen yıldız kütlesi M_2 ve bileşenler arası mesafe a) $\dot{M}_C$ ve $\dot{M}_B$ yığılma oranları tanımlanabilir, öyle ki disk kararsızlığı sadece $\dot{M}_B < \dot{M} < \dot{M}_C$ aralığındaki kütle yığılma oranları için meydana gelir. Eğer durum buysa, disk boyunca kütle yığılma oranı kütle transfer miktarına eşit olan stasyoner bir disk, geniş kısmi hidrojen iyonizasyonu kuşakları içerebilir.

(3) Disk içeren sistemlerde $\dot{M} > \dot{M}_C$ yada $\dot{M} < \dot{M}_B$ olması halinde patlama görülemez. Her ne kadar kütle transfer oranının gözlemlerden belirlenmesi zor ve sonuçlar çoğu zaman kuşkulu ise de, (2) ve (3) numaralı öngörülerin gözlemsel onayına çalışılmış ve kuramla nispeten uyumlu sonuçlar alınmıştır [12] [17] [18].

(4) Bileşen yıldızların spektral tipleri hemn hemen aynıdır (G, K, M), ancak patlamalar, çevrim süreleri bakımından sistemden sisteme önemli farklılıklar gösterirler (Bkz. Bölüm III-1). Bu durum, patlamaların bileşen yıldızın spektral tipi ile ilgili olmadıkları anlamına gelir.

(5) Kütlev transfer oranı sabit olduğuna göre, patlamanın başlangıcı ve süresince sıcak leke parlaklığı önemli miktarda değişmez. Bu öngörü de gözlemlerle uyumludur [19].

(6) Bir patlama boyunca kütle ve açısal momentumun diskte yeniden dağılımı, ve patlamalar arasında diskin dış kenarından kütle desteği sebebiyle diskin yarıçapı ve bundan dolayı sıcak lekenin yerleşimi bir patlama çevrimi boyunca sistematik ve öngörülebilir değişimlere maruz kalır. Böyle değişimler gözlenmiş [20] ve model beklentileri ile uyumlu oldukları bulunmuştur [19].

Cüce nova patlamalarını açıklama iddiasıyla sunulmuş diğer model *kütle transferi kararsızlığı modelidir*. Bu modele göre, yukarıda anlatılan patlama mekanizması artan kütle transfer oranı tarafından tetiklenir. Disk kararsızlığı modelinin tersine, bu model cüce nova patlamalarının bileşen yıldızdaki dinamik kararsızlıkların sonuçları olduklarını ileri sürer. Fakat Roche lobunu dolduran düşük kütleli yıldızdan kütle kaybının dinamik kararlılığına dair çalışmalar müphem sonuçlar vermekten öteye gidememiştir. Bu modelin temel öngörülleri ile gözlemlerin karşılaştırılması, modelin tutarlılığı hakkında daha iyi fikir verir [11]:

(1) Sistem bir disk içerse de içermese de patlamalar mümkündür. Öyleyse disk içermeyen AM Her tipi sistemler de patlama gösterebilir. Halbuki bu öngörüye uygun bir tek gözlem bile yoktur.

(2) Patlamanın başlangıcında diskin dış kenarındaki sıcak leke dikkate değer miktarda parlaklaşmalıdır. Bu öngörü de gözlemlerle zıt bir durum teşkil etmektedir.

(3) Kütle transferi kararsızlığı modeline temel olan mekanizma kütle kaybeden yıldızın sıcaklığına bağlıdır. Bundan dolayı kütle transferi patlamasının özelliklerinin bileşenin spektral tipine bağlı olması beklenir. Halbuki şimdiye kadar böyle bir gözlemsel bulgu elde edilememiştir.

Disk kararsızlığı modeline bakılırsa U Gem tipi cüce novalarda kütle yığılma oranları $\dot{M}_B < \dot{M} < \dot{M}_C$ aralığındadır. Smak'ın [18] bu durumu gözlemsel olarak ortaya koyduğu çalışmasının sonuçlarına göre; novalar ve nova-benzeri yıldızlardaki disklerin dış kısımları stasyoner yığılmanın meydana gelmesine yetecek kadar sıcaktır. Başka bir

deyişle, bu yıldızlarda bileşen yıldızdan birim zamanda transfer edilen madde miktarı ile disk boyunca birim zamanda akan madde miktarı birbirine eşittir. Halbuki cüce novalarda bu kısımlar bir yığılma kararsızlığından sakınabilmek için fazla soğukturlar. Z Cam tipi cüce novalar iki hal, yani stasyonier olan ve olmayan diskler arasında bir sınır durum teşkil etmektedirler. Aynı çalışmada belli bir yörünge periyodundaki novalar ve nova-benzeri yıldızların kütle oranlarının (M_1/M_2) cüce novalarinkilerden sistematik olarak daha yüksek olduğu, dolayısıyla kütle oranının yükselmesiyle daha yüksek kütle transfer oranlarına ulaşıldığı da gösterilmiştir.

Z Cam tipi cüce novaların duraksamalarla karakterize edilen ışık eğrilerinin disk kararsızlığı modeli çerçevesinde anlaşılması biraz zordur. Duraksamalara kabul edilebilir bir açıklama getiren Meyer ve Meyer-Hofmeister'e [21] göre, Z Cam sistemlerinde kütle yığılma oranı $\dot{M}_c$ 'den biraz daha azdır. Bu sebeple kütle transfer oranındaki küçük bir artış diskin stable (kararlı) olmasını sağlar. Bu araştırmacıların modelindeki küçük artış, patlamanın başlamasının ardından disk tarafından bileşen yıldızın aydınlatılması (irradiasyon) ile elde edilir. Böylece sistem sürekli bir patlama durumunda, yani *duraksamada* kalır. Bu yolla elde edilen zaman ölçeği (10^5 yıl mertebesinde) duraksamaların gözlenen sürelerinden (birkaç hafta-birkaç yıl) çok daha uzun olduğundan, duraksamadan sakin evreye dönüş de başka bir mekanizma tarafından tetiklenmelidir. Ancak böyle bir mekanizma henüz elde edilememiştir. İç Lagrange noktası üzerinde hareket ederek kütle transfer oranını azaltan bir yıldız lekesi böyle bir mekanizma yaratabilir [11].

Aynı model SU UMa tipi cüce novalarda gözlenen süper patlama ve süperhörgüçlere de kabul edilebilir açıklamalar getirebilmelidir. Osaki'ye [22] [23] [24] göre süper patlamalar şöyle anlaşılabilir (Gelgitsel Kararsızlık Modeli): Normal bir patlama boyunca materyal beyaz cüceye doğru yığılırken, açısal momentum diskin dış bölgelerine doğru transfer edilir. Böylece her normal patlamada diskin dış yarıçapı adım adım artar. Ancak, bileşenle gelgitsel etkileşim nedeniyle disk yarıçapı, beyaz cücenin Roche yarıçapının %80-%90'ını aşamaz. Sonuçta disk yarıçapı kritik bir değere ulaşır ki bu kritik yarıçapın üzerinde yığılma diski eksenel olmayan pertürbasyonlara karşı

gelgitsel bakımdan kararsızdır. Sonuçta yavaşça presesyon yapan bir disk yapısı gelişir. Presesyon yapan bir disk bir kez geliştikten sonra, bileşenin gelgitsel etkisinin büyük oranda arttığı ve diskin dış kısımlarından açısal momentum atılmasına sebep olduğu varsayılır. Bu durum diskin dış kenarının büzülmesine ve materyalin diskin dış kısımlarından daha küçük yarıçaplara süpürülmesine yol açar. Materyalin bu etkisi dış diskteki yüzey yoğunluğunu, soğuk halin (sakin evrenin) bulunamayacağı kritik yüzey yoğunluğu değerinin üzerine çıkartır. Böylece süper patlama yukarıda anlatılan disk kararsızlığı modeli ile aynı şekilde tetiklenmiş olur. Süper patlama boyunca diskin dış yarıçapı büzülür, buradaki materyal diski sıcak halde (patlamada, yüksek viskozite halinde) tutan bir halkada toplanır ve disk viskozite evrimine maruz kalır. Bunun sonucu süper patlamanın uzun süren maksimum kısmıdır. Presesyon yapan eksentrik disk yapısı bu şekilde süperhörgüçleri de açıklar. Süper patlamanın sonunda disk büzülür ve yapı eksenel simetriye, sistem de normal patlamadaki gibi davranarak sakin evreye geri döner. Bu model kabul edilebilir bir fikir sunsa dahi, örneğin WZ Sge gibi sadece süper patlamaların gözleendiği sistemlere bir açıklama getirmez. Çünkü Osaki'nin henüz gözlemlerle onaylanmamış modelinde sistem, süper patlamalar arasında normal patlamalar da sergiler. WZ Sge'nin patlama davranışı, Lasota ve ark. [25] tarafından, sistemin düşük kütle transfer oranı karşısında diskin iç bölgelerinin patlamalar arasında ortadan kaldırılması, ve patlamaların ani artış gösteren kütle transfer oranı tarafından tetiklenmesi ile açıklanır. Lasota ve ark.'nın bu fikrini destekler nitelikte gözlemsel veriler vardır [26].

Disk kararsızlığı modeli yukarıda anlatıldığı gibi pek çok gözlemi açıklamasına rağmen, kolayca yanıt veremediği gözlemsel bulgular da vardır. Bazı cüce nova patlamalarının başlangıçlarında gözlenen, ve morötesi radyasyonun görsel radyasyondan 0.5-1 gün sonra artmaya başlaması şeklinde tanımlanan *moröte gecikmesi* [27] bu gözlemlerden biridir. Disk kararsızlığı modeli ile açıklanamayan diğer bir gözlem ise optik ışığın sakin evre düzeyine ulaşması, yani tanımsal anlamda patlamanın bitmiş olmasına rağmen, bazı sistemlerde morötesi ve X-ışınlarındaki parlaklığın bir süre için relatif olarak yüksek kalmasıdır.

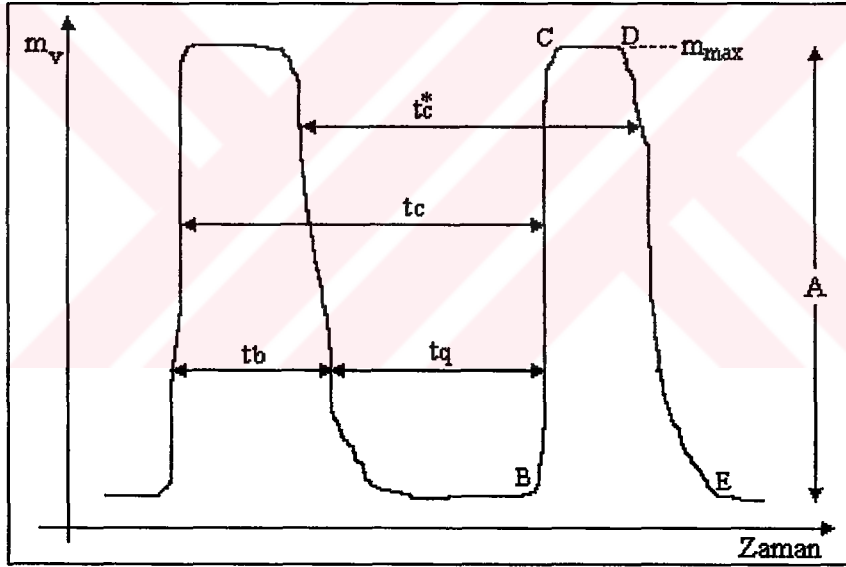
Günümüz literatüründe disk kararsızlığı modelinin kabul gördüğünü tespit ediyoruz. Artık disk kararsızlığı modeli (*Yığılma diski limit-çevrim kararsızlığı modeli* veya, viskozitenin sayısal tanımlanmasında kullanılan α parametresi esas alınarak, *α -disk modeli* de denir) sadece kataklismik çift yıldızlara değil, kara delik bileşenli X-ışın çiftleri gibi sistemlere de uygulanmaktadır [15] [28].

Görüldüğü gibi, her ne kadar disk kararsızlığı modeli patlamaların kaynağını diske sınırlama çabasını yansıtmakta ve çoğu gözlemsel bulguya, en azından kavramsal anlamda, tatmin edici açıklamalar getirmekte ise de, duraksamaların veya süper patlamaların açıklanmaya çalışılmasında olduğu gibi bazı hallerde kütle transferine de bir kararsızlık atfedilmektedir. Yani, disk kararsızlığı modeliyle açıklanmaya çalışılan gözlemler sözkonusu olduğunda bileşen yıldızla başvurulabilmektedir. Üstelik bazı sistemlerde patlamalar sırasında kütle transferi artışlarının gözlemsel kanıtları da vardır [26].

I-3. Cüce Nova Patlamaları ve Uzun Dönemli Görsel Işık Eğrileri

İlk cüce novanın keşfinden bu yana pek çok araştırmanın konusu olan patlamalar bu yıldızların uzun dönemli değişkenliklerinin en açık göstergeleridir. Tüm cüce novalar için belirli bir patlama örneği yoktur. Patlamalar aynı cüce nova için bile çeşitli şekillerde ve genliklerde olabilmekte, süreleri, tekrarlama sıklıkları ve sakin evre süreleri aynı cisim için çok geniş aralıklar içinde değerler alabilmektedir. Bu rastgele görünen fotometrik davranış içinde tek tek sistemler ve sistem grupları için sistematik-periyodik örnekler bulmak amacıyla, ileride görüleceği üzere, pek çok çalışma yapılmıştır. Çalışmalarda, sistemlerin uzun dönemli görsel ışık eğrilerini karakterize eden “*ışık eğrisi parametreleri*” geliştirilmiştir. Sözkonusu parametreler, ışık eğrisinde görülen patlamalara dayanılarak tanımlandıklarından, gerçekte kataklismik çift yıldızda patlamaların meydana geldiği yığılma diskinin ve disk üzerinde etkisi bulunan diğer bileşenlerin özelliklerini yansıtır.

Uzun dönemli ışık eğrisi (Şekil I-3) üzerindeki bir patlama, patlamaya çıkış kolu (BC), patlama maksimumu (CD) ve patlamadan iniş kolu (DE) olarak üç kısma ayrılabilir. Cüce nova patlamalarının incelenmesi ortaya çıkartmıştır ki, patlamaya çıkış kolu, iniş kolundan daha diktir. *Patlama genişliği* adı da verilen *patlama süresi* (t_b) ve patlamada ulaşılan *maksimum parlaklık* değeri (m_{max}) patlama şiddetini karakterize eden parametrelerdir. Patlama genişliği (A) de patlama şiddetinin bir göstergesidir. Aslında tam bir periyodik davranış olmamasına rağmen bazen patlama periyodu olarak da adlandırılan *çevrim süresi*, bir patlamadan sonraki patlamaya kadar geçen zamanı gösterir ve patlamaların çıkış (t_c) ya da iniş kollarından (t_c^*) ölçülebilir. Burada, tam periyodik bir davranışı temsil etmemesine ve disk kararsızlığı modelinin zaman zaman



Şekil I-3. Işık eğrisi parametrelerinin şematik gösterimi. Burada t_b patlama süresini, t_q sakin evre süresini, t_c patlama başlangıçlarından ölçülen çevrim süresini, t_c^* patlama bitimlerinden ölçülen çevrim süresini, A patlama genişliğini, m_{max} patlamada ulaşılan maksimum parlaklık değerini temsil etmektedir. Bu parametrelerden birimi zaman olanlar, yani patlama süresi, çevrim süresi ve sakin evre süresi taban dahil olmak üzere ışık eğrisindeki herhangi bir parlaklık seviyesinden ölçülebilmektedirler.

limit çevrim kararsızlığı modeli adıyla da anılmasına dayanılarak, *çevrim* kavramı parametreyi tanımlamak için kullanılmıştır. Bir patlamanın bitişi ile sonrakinin başlangıcı arasındaki süre olarak tanımlanabilecek *sakin evre uzunluğu* ya da *sakin evre süresi* (t_q), sistemin patlamaya hazırlık, veya kütle transferi kararsızlığı modeli çerçevesinde, patlama sonrası yeniden düzenlenme dönemini temsil eder. Bunların

dışında, bir patlama üzerinde yapılan ölçümlerden yararlanarak patlamayı karakterize eden ikincil parametreler elde etmek de mümkündür. İlk çıkış oranıdır (Δt_{rise}) ve patlama başladıktan sonra sistemin parlaklığı artarken, patlamaya çıkış kolu üzerinde sistemin 1^m parlaklaşması için geçen süre olarak tanımlanır. İkinci parametre iniş oranıdır (Δt_{dec}) ve patlamadan iniş kolu üzerinde yine benzer şekilde tanımlanır: Sistem patlama maksimumundan itibaren sönükleşirken, iniş kolu üzerinde 1^m sönükleşme için geçen süredir. Parametreler bir cüce novanın gözlenmiş her patlaması için ayrı ayrı ölçülebilirler. Bu çalışmada kullanılan notasyon, literatürle uyum sağlanması adına, daha önce yapılan çalışmalardakilerle benzer ya da aynı olacak şekilde belirlenmiştir.

Işık eğrisi parametrelerini eğrinin çeşitli parlaklık seviyelerinden yapılan ölçümler yoluyla elde etmek mümkündür. Seçilen ölçüm seviyesi patlama tabanı (sakin evre düzeyi) olabildiği gibi, patlama genliğinin yaklaşık ortasına karşılık gelen bir parlaklık düzeyi de olabilir. Örneğin, sakin evre düzeyi yaklaşık 14^m'e, patlama maksimumu ise yaklaşık 10^m'e karşılık gelen bir cüce novanın ışık eğrisi parametrelerinin ölçümleri, sakin evre düzeyinde ya da 12^m parlaklık düzeyinde yapılabilir. Ölçüm seviyesi seçiminin avantaj ve dezavantajları ileride görülecektir.

Işık eğrisi parametrelerinin nicelikleri, sakin evre boyunca diskte biriken materyalin miktarı, diskin boyutları, kütle transfer oranı ve bunları idare eden fiziksel büyüklüklere bağlıdır [71]. Sistemin ışık eğrisinde duraksamalar ve süper patlamalar bulunuyorsa, yukarıda anlatılan temel ışık eğrisi parametrelerine ışık eğrisinde rastlanan böyle yapılarla ilgili parametrelerin de dahil edilmesi gerekir. Süper patlamalar söz konusu olduğunda ışık eğrisi parametreleri normal patlamadakilerle aynı şekilde ölçülürler. Duraksamalar ise kendilerine özgü, ancak patlamaları hatıra getiren duraksama süresi, duraksama başlangıcındaki parlaklık, duraksamadan iniş oranı gibi parametrelerle karakterize edilirler.

Görsel ışık eğrisi parametrelerinin uzun dönemleri kapsayan istatistik analizleri, sistemlerin bu nicelikler üzerinde etkisi olan fiziksel büyüklüklerinin kısa ve uzun dönemli değişimlerinin araştırılmasını sağlar. Ayrıca ışık eğrisi parametrelerinin uzun

dönemler üzerinden alınan aritmetik ortalamaları, her sistem için karakteristik nicelikler elde edilmesine, ve bu niceliklerin sistemler bütünü içinde fiziksel parametrelerle ilişkilerinin ortaya konulmasına yardımcı olur. Her yıldız için elde edilen ışık eğrisi parametrelerinin kendi iç korelasyonlarının ve çok sayıda sistem için fiziksel parametrelerle korelasyonlarının araştırılması, ve bu parametrelerin kuramsal olarak elde edilen parametrelerle karşılaştırılması cüce nova patlamalarını açıklamaya çalışan modeller için bir sınaı yöntemini oluşturur. *Zira, bazı korelasyonların varlığı modelleri destekler nitelikte kanıtlar olarak sunulabilir: Kütle transferi kararsızlığı modelinde patlamanın şiddeti (yani patlama süresi) ile patlamadan sonraki sakin evre süresi arasında bir ilişkinin varlığı öngörölür; çünkü uzun süren bir patlamanın sonunda diskin dengeye dönmesi de uzun sürecektir. Disk kararsızlığı modelinde ise bunun aksine patlama şiddeti ile patlamadan önceki sakin evre süresi arasında bir ilişki beklenir; zira diskte maddenin toplandığı süreç olan sakin evre uzun sürerse patlama da uzun sürmelidir.*

Neredeyse tamamı amatör gözlemciler tarafından yapılan ve yeterince uzun zaman aralıklarını kapsayan (onyıllarca süren) gözlemlerin toplandığı veri setlerinden böyle ayrıntılı çalışmalar yapılabilir. Fakat veri setlerini elde etmekteki güçlükler ve yoğun veri birikimi üzerinde ölçüm yapma gereğinin doğurduğu emek ihtiyacı, bu konuda yapılması gerekenden az çalışmanın ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Eğer uzun dönemli ışık eğrisi incelenmek istenen cüce nova SS Cyg gibi görsel parlaklığı nispeten yüksek ($\sim 12.7^m - 8.2^m$ arasında değişir) ve bir asırdır gözlenen bir sistemse, araştırmacının tek sorunu verileri elde etmek ve bu yoğun veri birikimini incelemek için gerekli zaman ve emeği sarfetmektir. Halbuki cüce novaların çoğu bu sistemleri en çok gözleyen amatörler için sönük sistemlerdir. Özellikle parlaklıklarının düşük olduğu sakin evre boyunca cüce novaların gözlenmeleri zordur; en azından elde edilen parlaklık ölçümlerindeki hata mertebeleri yüksektir. Bu sebeple bir cüce novanın uzun dönemli ışık eğrilerini incelemek isteyen araştırmacının karşısına çıkan en büyük zorluklar, verilerin elde edilmesi ve bu verilerdeki kesilmelerdir. Veri setleri Dünya'nın çeşitli yerlerinde yapılan gözlemlerin toplanması yoluyla AAVSO ve RASNZ gibi kuruluşlar tarafından oluşturulmaktadır. Ancak bir cüce novanın uzun dönemleri

kapsayan görsel fotometrik gözlemlerini biraraya getirmek, derlemek, bunları bazı ayıklama işlemlerinden geçirerek düzenlemek konusunda adigeçen kuruluşlar da sorunlarla karşılaşmaktadırlar. Bu sebeple cüce novaların uzun dönemli ışık eğrilerinin elde edilmesinde sık sık problemler ve ciddi gecikmeler ortaya çıkmaktadır. Buna rağmen geçmişte pek çok cüce nova için kısa dönemli, bir kaç cüce nova için ise uzun dönemli istatistik analizler yapılarak ilgi çekici, ancak aşağıda bahsedilecek sebeplerle bazı bakımlardan tatmin edici olmayan sonuçlar ortaya konmuştur. Şimdi cüce novaların uzun dönemli görsel ışık eğrilerinin istatistik analizine yönelik bugüne kadar yapılmış çalışmalardan, kendi çalışmamız açısından dikkate değer olanları gözden geçirelim:

Yüksek parlaklığı ve kuzey yarıküreden gözlenmeye uygun konumu sebebiyle en iyi çalışılmış cüce nova SS Cyg'dir. Bu yıldız 1896'daki keşfinden bu yana kısa dönemli kesilmeler hariç sürekli olarak gözlenmektedir. Bir yüzyıla ulaşan görsel gözlemler sayesinde SS Cyg'nin 700'den fazla patlaması tesbit edilmiş bulunmaktadır. SS Cyg'nin uzun dönemli görsel ışık eğrilerinin en ayrıntılı istatistik analizleri, Bath ve van Paradijs [29], Hempelmann ve Kurths [30] ve Cannizzo ve Mattei [31] tarafından yapılmıştır.

Bath ve van Paradijs [29], SS Cyg'nin 600'den fazla patlaması bulunan uzun dönemli görsel ışık eğrisini, eğrinin 10^m seviyesinde kendi yaptıkları ölçümlerle analiz etmiş ve 3 temel sonuca ulaşmışlardır: 1) Patlama sürelerinin frekans dağılımı iki modludur. Yani patlamalar kısa ve uzun olarak iki patlama türüne ayrılma eğilimindedirler. Patlama süreleri patlamada ulaşılan maksimum parlaklık değeri ile pozitif korelasyon halindedir, 2) Kısa ve uzun patlamaların birbiri ardından meydana gelme eğilimi vardır. Yani kısa bir patlamayı uzun bir patlama izlemesi olasılığı, kısa patlamayı tekrar kısa bir patlamanın izlemesi olasılığından fazladır. Bununla beraber kısa-kısa ve uzun-uzun patlama çiftlerine de rastlanır, 3) Bir patlamanın süresi, sonraki patlamaya kadar geçen süre (çevrim süresi) ile ilişkilidir, ancak önceki patlamadan itibaren geçen süre ile ilişkili değildir. Bahsedilen korelasyon araştırmaları için lineer korelasyon katsayıları sırasıyla +0.516 ve +0.089'dur.

Hempelmann ve Kurths [30], SS Cyg'nin 1896-1979 yılları arasındaki görsel parlaklıklarının bir günlük ortalamalarından oluşan fotometrik gözlemlerini incelemişlerdir. Gözlenmiş parlaklıklardan kütle yığılma oranı $\dot{M}$ 'yı çıkartarak, bu parametrenin ve bir patlamada yığılan kütle miktarı ΔM 'nin ışık eğrisi parametreleri ile ilişkilerini araştırdılar. ΔM 'nin iki modlu, çevrim uzunluğunun tek modlu frekans dağılımı gösterdiğinin bulunduğu çalışmada, $\dot{M}$ ve ΔM 'nin yıllar ve onyıllar mertebesindeki değişimleri ortaya çıkartılmıştır. En azından 5 patlama üzerinden ortalama alınarak çevrim süresinin $\dot{M}$ ile negatif, ortalama ΔM ile pozitif korelasyon halinde olduğunu bulan yazarlara göre; bu uzun dönemli değişimler, kütle transfer oranında bileşen yıldızın manyetik aktivitesinden kaynaklanan uzun dönemli değişimlerin sonuçlarıdır. Aynı yazarlar daha sonra yaptıkları bir çalışmada bahsi geçen makaleye dikkat çekerek, çevrim süresinin patlama süresi ve sakin evre süresini içermesi sebebiyle, kütle yığılma oranı ile bu ışık eğrisi parametresi arasındaki negatif ilişkinin pek de güvenilir olmadığını göstermişlerdir [32].

Cannizzo ve Mattei [31] ise, SS Cyg'nin 1896-1992 yılları arasında yapılmış görsel fotometrik gözlemlerinin bir günlük ortalamalarını kullanarak 700'den fazla patlama belirlemişlerdir. Elde ettikleri ışık eğrisi parametrelerinin evvelce bulunanlarla uyumlu olduğunu gösteren araştırmacılar, bu ışık eğrisi parametreleri arasında daha önce bulunmuş olan bazı korelasyonların sahte korelasyonlar olduklarına işaret ederek, patlama süresi ile patlamadan önceki veya sonraki çevrim süresi arasında bir korelasyon olmadığı bulgusuna ulaştıklarını belirtmişlerdir. Işık eğrisi parametrelerinin uzun dönemli hareketli ortalamalarını elde ederek, çevrim süresi ve sakin evre parlaklığı arasında Warner [68] tarafından işaret edilmiş olan negatif korelasyonu onaylamışlardır. Uzun dönemli hareketli ortalamalar metodu ile ışık eğrisi parametrelerinin uzun dönemli değişimlerini de ortaya koymuşlardır

SU UMa tipi cüce novaların en çok gözlenmiş örneklerinden olan VW Hyi'nin ışık eğrileri de çeşitli çalışmalara konu olmuştur. Vogt [33], bu yıldızın 7 süper patlama ve 9 normal patlamasının fotoelektrik gözlemlerini sunmuş ve özellikle süperhörgüçleri

incelemiştir. Smak [34], VW Hyi'nin 22 yılı bulan uzun dönemli ışık eğrisinden 44'ü süper patlama olmak üzere 300 patlamanın daha önce elde edilmiş ışık eğrisi parametrelerini kullanarak bu parametrelerin istatistik analizini yapmıştır. Normal patlamaların genlik ve genişliklerinin, patlamadan önceki çevrim süresi ile korelasyon halinde olduğunu bulmuştur. Elde ettiği lineer korelasyon katsayıları sırasıyla +0.54 ve -0.50'dir. Van der Woerd ve van Paradijs de [35] patlamadan önceki çevrim süresi ile patlama süresi ve patlamada ulaşılan maksimum parlaklık arasında anlamlı korelasyonlar bulmuşlardır.

Ayrıca bazı cüce novaların ışık eğrilerinin istatistik analizleri yapılmışsa da, bunlar genellikle kısa dönemleri kapsayan çalışmalardır. Bunlarda Szkody ve Mattei [36] gibi çok sayıda sistemi bir arada değerlendirilmemesinin yanısıra, çoğunluğunda ölçümler sakin evre düzeyinden daha parlak seviyelerde yapılmıştır. Tek tek yıldızlar üzerinde yapılan istatistik analizler için şu çalışmalar da örnek olarak verilebilir: [37] [38] [39] [40] [41] [42] [43] [44] [45] [46]. Bazı araştırmacılar bu çalışmaları derleyerek cüce novaları bir bütün olarak ele almış, ışık eğrisi parametrelerinin kendi içlerindeki korelasyonları ve ortalama ışık eğrisi parametreleri ile sistemlerin fiziksel parametreleri arasındaki ilişkileri araştırmışlardır.

Bailey [47] 8 yıldızı kullanarak cüce novaların patlamadan iniş oranları ile yörünge periyotları arasında kendi adı ile anılan pozitif bir korelasyon bulmuştur (Bailey İlişkisi). Bu ilişkiye göre, yörünge periyodu arttıkça patlamadan iniş oranı da artar.

Van Paradijs [48] cüce novaların ortalama ışık eğrisi parametrelerini içeren çalışmalardan topladığı ölçüm sonuçlarından yararlanarak bu sistemlerin patlama süreleri ile yörünge periyotları arasındaki pozitif korelasyonu ortaya koymuştur.

Szkody ve Mattei [36] 21 cüce novanın her biri için 1000 günlük ışık eğrileri üzerinden ölçüm yaparak bu sistemlerin ışık eğrisi parametrelerini elde etmişlerdir. Üzerinde çalıştıkları sistemlerin bazıları için patlama sürelerinin iki-modlu dağılımlarını

elde etmelerine rağmen, çoğu sistem için bu konuda bir karara varamamışlardır; çünkü inceledikleri ışık eğrileri 1000 günlük verilerle sınırlıdır ve bu kısıtlı verilerden çoğu sistem için çok az patlama çıkartılabilmektedir. Dolayısıyla elde ettikleri sonuçlar okuyucuya frekans dağılımları açısından yeterli güveni verememektedir. Bu durumda yaptıkları korelasyon analizleri de, okuyucuya fikir vermek ve böylesi çalışmalara dikkat çekmek bakımından çok önemli olsalar bile, her sistem için incelenen patlama sayılarının azlığı sebebiyle yeterince inandırıcı değildir. Buna rağmen Szkody ve Mattei'nin [36] çalışması, cüce novaların ışık eğrisi parametreleri ile fiziksel parametreleri arasındaki korelasyonların yüksek sayıda sistem kullanılarak araştırıldığı bir çalışma olarak çok önemlidir. Yazarlar tek tek sistemlerde ışık eğrisi parametrelerinin bazı iç korelasyonlarını da ortaya koymuşlardır. Örneğin SS Cyg için patlamada ulaşılan maksimum parlaklık ile patlamadan önceki (lineer korelasyon katsayısı: $r = -0.44$) ve sonraki sakin evre uzunluğu ($r = -0.44$) arasında, ve patlamada ulaşılan maksimum parlaklıkla patlamadan önceki sakin evre parlaklığı arasında ($r = -0.43$) korelasyonlar bulmuşlardır. X Leo için patlama süresi ile patlamadan iniş için geçen sürenin ilişkili ($r = +0.74$) olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ancak tekrarlayalım; ölçülen patlama sayılarının azlığı sebebiyle özellikle ışık eğrilerinin iç korelasyon analizlerinin sonuçları güvenilir değildir. Sistemlerin bütünü için ortalama ışık eğrisi parametreleri arasındaki korelasyonlara, ve sistemlerin ortalama ışık eğrisi parametreleri ile fiziksel parametreleri arasındaki korelasyonlara gelince; Szkody ve Mattei'ye göre sistemlerin yörünge periyotları ile ortalama patlama süreleri ($r = +0.81$), patlamaya çıkış süreleri ($r = +0.55$) ve patlamadan iniş süreleri ($r = +0.79$) arasında, beyaz cüce kütleleri ile patlama genlikleri ($r = +0.45$) arasında, bileşen yıldız kütleleri ile patlama süreleri ($r = +0.74$) arasında, patlamaya çıkış ($r = +0.73$) ve patlamadan iniş ($r = +0.69$) süreleri arasında, patlamadan iniş süreleri ile patlama süreleri ($r = +0.90$) arasında, sakin evre süreleri ile patlama genlikleri ($r = +0.61$) arasında, patlamaya çıkış süreleri ile patlama süreleri ($r = +0.62$) arasında ve çevrim süreleri ile patlama genlikleri ($r = +0.57$) arasında korelasyonlar vardır. Ortalama patlama süreleri ile yörünge periyotları ilişkili iken, patlama süreleri ile bileşen yıldız kütleleri arasında bir korelasyonun bulunması beklenen bir durumdur. Çünkü bir sistemin yörünge periyodu ile bileşen kütlesi arasında Roche modeli ile tanımlanmış bir ilişki vardır [7]. Birbirini

kısmen ya da bütünüyle içeren ışık eğrisi parametreleri arasında anlamlı korelasyonlar elde edilmesi de normaldir. Yazarların da vurguladıkları gibi daha çok yıldız için, mümkün olduğunca geriye doğru giden veri setleri kullanılarak daha ayrıntılı analizler yapılmalıdır. Gerçekten Szkody ve Mattei'nin tek tek sistemler için kullanabildikleri çok az sayıdaki patlamadan elde edilen ışık eğrisi parametreleri sağlıklı sonuçlar vermekten uzaktır. Herşeye rağmen öncü bir çalışmadır ve ileride bu tür çalışmalara yönelik genel eleştirimiz içinde değinileceği gibi bir benzeri daha yoktur.

Antipova [49] cüce novalar ve tekrarlayan novalar için ortalama çevrim süresi ve ortalama patlama genliği arasında Kukarkin-Parenago İlişkisi olarak bilinen ilişkiyi, derlediği ışık eğrisi parametrelerinden yararlanarak yeniden elde etmiş ve bir tartışmasını yapmıştır. Yazar bu ilişki için toplam patlama enerjisinin, bileşen yıldızın patlama genliği üzerindeki etkisinin hesaba katılması halinde patlama genliğinden daha iyi bir gösterge olduğunu iddia etmektedir. Ancak hemen belirtelim ki bu etkinin toplam patlama genliğinden elimine edilmesi ve toplam patlama enerjisinin hesabı, bir dereceye kadar kişiye bağlı yaklaşımlar içermektedir.

Cüce novaların ışık eğrisi parametrelerinin sistemlerin fiziksel parametreleri de hesaba katılarak ayrıntılı şekilde analiz edildiği başka bir çalışma ise Gieger [50] tarafından yapılmıştır. Gieger, çoğunluğu güney yarıküreden seçilmiş 14 cüce nova için literatürden derlediği ışık eğrisi parametrelerini kullanarak, bu parametrelerin iç korelasyonlarını ve ortalama değerlerinin sistemlerin fiziksel parametreleri ile ilişkilerini araştırmıştır. Fakat Gieger'in çalışmasında ölçümler bazı yıldızlar için patlama tabanında bazıları için ise daha üst-parlak seviyelerde yapılmış olduğundan, bunları standardize etmek için verilere iniş ve çıkış oranları kullanılarak bir indirgeme işlemi uygulamıştır. Yazar, sözkonusu işlemin sonuçlarda bazı duyarsızlıklara sebep olabileceği gibi, bazı ışık eğrisi parametrelerine gerçeğinden farklı değerler atanması sonucunu doğurabileceğini itiraf etmektedir. Sırf bu yaklaşım bile sistemlerin yörünge periyotları ile patlama süreleri arasındaki ilişki için verilen $r = +0.94$ 'lük çok kuvvetli lineer korelasyon katsayısına kuşkuyla bakılmasına sebep olmaktadır. Ayrıca Gieger'in bu çalışmada incelediği 14 cüce novanın herbiri için ele aldığı patlama sayıları da çoğu

sistem için oldukça azdır. Örneğin CZ Ori'nin patlama süresi ile çevrim süresi arasındaki korelasyonu ($r = +0.62$) elde etmek için bu yıldızın sadece 17 patlamasını kullanmıştır. Gieger bu çalışmasında yörünge periyodu-patlama süresi korelasyonunun kuramsal ve kendi elde ettiği gözlemsel ifadelerini karşılaştırarak, cüce novalara uygulanan disk kararsızlığı modelinin viskozite tanımında kullanılan α serbest parametresi için gözlemsel bir değer ($\alpha \approx 0.2$) de elde etmiştir.

Richter ve Bräuer [51] cüce novaların ortalama çevrim süreleri ve patlama genlikleri arasında bulunmuş olan ve Kukarkin-Parenago İlişkisi olarak anılan ilişkinin, periyot boşluğunun altında ve üstündeki sistemler için ayrı ayrı ele alınabileceğini ortaya koymuşlardır (Kataklismik değişenlerin yörünge periyotlarının frekans dağılımına bakıldığında, yaklaşık 2-3 saatlik yörünge periyodu aralığında sistem olmadığı görülür ve bu bölgeye *periyot boşluğu* adı verilir [52]).

Uzun dönemli görsel fotometrik gözlemler, kataklismik değişenlerin bileşen yıldızlarının bazı fizik özellikleri hakkında da fikir verebilir. Işık eğrisi parametrelerinin ortalama değerlerinden yararlanılarak elde edilen korelasyonlar ve temel bağıntılar yoluyla bu yıldızların kütle, yarıçap ve ortalama yoğunlukları gibi fizik niceliklerine yaklaşılabilmemesinin yanı sıra, uzun dönemli değişkenlikleri de ortaya çıkartılabilir. Bileşen yıldızlar bir gurup olarak tekil anakol yıldızlarından çok farklı değildirler [53]. Öyleyse, yörünge periyodu ile eşzamanlı dönen bu yıldızların [7] Güneş tipi manyetik çevrimlere sahip olmaları beklenebilir. Manyetik çevrimler, periyodik şekilde artan ve azalan manyetik akı tüplerinin etkisi ile yıldızlarda yarıçap değişimlerine (veya Richman ve ark.'nın [54] iddiası ile Roche lobu yarıçapındaki değişimlere) sebep olduklarından, bileşen yıldızdaki muhtemel manyetik çevrimden kaynaklanan yarıçap değişimlerinin doğurdukları gözlenebilir etkiler aranarak ve takip edilerek, bu çevrimlerin varlıkları ve ortalama periyotları ortaya konulabilir. Periyodik yarıçap değişimleri esas olarak kütle transfer miktarının çevrimsel değişimini sağlar. Yarıçap arttığı (veya Roche lobunun yarıçapı azaldığı) zaman yükselen kütle transfer oranı, sıcak lekenin ve diskin sakin evre parlaklığının artmasına yol açar. Dolayısıyla sistemin sakin evre parlaklığında genel bir artış meydana gelir. Artan kütle transfer oranının tek

etkisi sakin evre parlaklığındaki yükselme değildir; kritik yüzey yoğunluğunun daha çabuk aşılması sağlanacağı için çevrim süreleri kısılırken, yığılmanın diskin daha iç bölgelerine kayması neticesinde kısa patlamaların sayısında bir artış görülür [55] [56]. Bu fikirleri kuramsal bir temele oturtan Warner [55], sakin evre ve çevrim sürelerinde gözlenen çevrimsel değişimlerin, bileşenin yarıçap değişim oranı ve yörünge periyodu değişiminin hesaplanmasında kullanılabilmesi için ifadeler de vererek, üç kataklismik değişenin gözlemleri ile uyumlu ve ümit verici sonuçlar elde etmiştir. Bianchini [57] [58] ise, bazı novalar, nova benzeri yıldızlar ve cüce novaların uzun dönemli görsel ışık eğrilerinde, Fourier periyot analizleri yoluyla bileşenin Güneş tipi manyetik çevrimlerine atfedilen çevrimsel değişimler bulmuştur. Gerek Bianchini ve gerekse değişik türde yıldızların benzer çalışmalarını onun bulguları ile birleştirerek değerlendiren Maceroni ve ark. [59], bu tür araştırmaların daha zengin veri setlerine genişletilmesi gereğini vurgulamışlardır.

Vogt [60], periyot boşluğunun üzerinde bulunan 27 cüce novanın ortalama patlama sürelerinin ve çevrim sürelerinin frekans dağılımlarını, literatürden derlediği ölçümleri kullanarak elde etmiştir. Yazar, patlama sürelerinin iki-modlu frekans dağılımını gösteren her sistem için frekans dağılımındaki uzun patlamaların tepe değerinin kısa patlamaların tepe değerine oranını da hesaplayarak, bu parametrenin ve ortalama patlama sürelerinin sistemlerin yörünge periyotları ile ilişkilerini göstermiştir.

Cüce novaların uzun dönemli görsel ışık eğrilerinin istatistik analizlerini yapmayı amaçlayan ve yukarıda bahsedilen çalışmalar incelendiğinde, bu araştırma alanındaki eksikleri ve çözüm yollarını maddeler halinde sıralamak mümkündür:

1) Görüldüğü gibi cüce novaların uzun dönemli görsel ışık eğrileri üzerinde şimdiye kadar yapılmış çalışmalar, ya kısa dönemleri kapsayan verilerden çeşitli araştırmacıların ölçümlerinin derlenmesiyle [48] [49] [50] [51] [56] [61] ya da, ender olarak, seçilmiş sistemlerin araştırmacı tarafından sınırlanan dönemlerde elde edilmiş gözlemleri üzerinden yapılan ölçümlerle [47] [36] gerçekleştirilmişlerdir. Ölçüm sonuçlarının derlenerek kullanıldıkları çalışmalarda ortaya çıkan sorun ölçümlerin

standart hale getirilememesidir. Yani farklı araştırmacıların bir ışık eğrisi üzerinde herhangi bir ışık eğrisi parametresinin elde edilmesi için ölçüm yaptıkları parlaklık seviyeleri farklı olabilmektedir. Örneğin bir araştırmacı SS Cyg'nin patlama sürelerini sakin evre düzeyinde (patlama tabanında) yaptığı ölçümlerle belirlerken, diğeri bu ölçümü patlama tabanından daha parlak bir seviyede, mesela 10^m seviyesinde yapabilmektedir. Bu durum sonuçlar arasında uyumsuzluklar ortaya çıkarmaktadır. Ölçüm seviyesinin farklı kullanılması çevrim sürelerini etkilemezken, doğal olarak patlama süresi ve sakin evre süresini etkilemektedir. Bir sistemin gerçek patlama süresi ve gerçek sakin evre süresini elde etmek isteyen bir araştırmacı, bu sistemin sözkonusu ışık eğrisi parametrelerini sakin evre düzeyinde ölçmelidir. Çünkü patlamalar bu seviyede başlar ve gene bu seviyede sona erer. Parametrelerin uzun dönemli değişimlerini araştırmak isteyen bir kişi için ise ölçüm seviyesi sakin evreden daha parlak düzeyler olmalıdır. Zira bu seviyelerde ölçüm hataları azalır ve elde edilen sonuçlar relatif olarak doğru olur (Sakin evre seviyesindeki ölçümlerde hata, patlamanın başlangıç ve bitim zamanlarını tam olarak kestirmenin zorluğundan kaynaklanır).

Sakin evre düzeyinden daha parlak seviyelerde yapılmış ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde ortaya çıkan, ve bazı çalışmalarda gözden kaçmış olan bir sorun (hatta yanlışlık) da Cannizzo ve Mattei'nin [31] işaret etmiş olduğu gibi korelasyon analizlerinde kendini göstermektedir. Ölçüm parlak seviyelerden yapılmışsa bazı ışık eğrisi parametreleri diğerlerinden birini, hatta birkaçını kapsar (örneğin, patlamaya çıkış kollarından ölçülen çevrim süresi hem patlama süresini ve hem de patlamadan sonraki sakin evre süresini içerir); bu durumda parametrelerin kendi aralarındaki korelasyon analizleri relatif olarak yüksek lineer korelasyon katsayıları verecek, araştırmacı da bu parametreler arasında korelasyonlar bulduğu sonucuna ulaşacaktır. Fakat açıktır ki elde edilen korelasyon katsayıları sahtedir. Sonuçlar ise yanlış, en azından yanıltıcıdır. Çözüm, her yıldız için birkaç farklı parlaklık seviyesinden ölçüm yaparak, amaca uygun ölçüm seviyelerinden elde edilen parametreleri analizlerde kullanmaktır.

Öyleyse, farklı amaçlara yönelik çalışmalar için farklı ölçüm seviyelerinden yapılmış ölçümlere ihtiyaç duyulabildiğinden, ışık eğrisi parametreleri, sakin evre süresini de içeren birkaç farklı parlaklık seviyesinden ölçülmelidirler.

Ölçümleri kendileri gerçekleştiren araştırmacılar verilerin çok fazla olması sebebiyle ışık eğrilerini kısa dönemlerle sınırlamak zorunda kalırlar. Aslında bu konudaki tek örnek olan Szkody ve Mattei [36], 21 cüce novanın uzun dönemli ışık eğrilerini inceledikleri çalışmayı her yıldız için 1000 günlük verilerle sınırlamışlardır. Ölçümlerin yazarlar tarafından yapıldığı çalışmalarda, fazla verinin ortaya çıkarttığı yoğun emek ve zaman ihtiyacını karşılamak çoğu kez mümkün olmamakta, -eğer varsa- uzun dönemli değişimler ortaya konulamamaktadır. Sonuçta her sistem için ölçülebilen parametre sayısı çok az olmaktadır. Kuşkusuz, uzun dönemleri kapsayan bir ışık eğrisinde tespit edilen 200-300 patlama üzerinden yapılmış ölçümlere dayanan bir korelasyon analizi, ışık eğrisinin kısa bir döneminden seçilebilen 15-20 patlamaya dayanan bir korelasyon analizinden çok daha güvenilirdir. Aynı durum frekans dağılımları ve elde edilen ortalama değerler için de geçerlidir. Az sayıda patlamadan ölçülen ışık eğrisi parametrelerinin frekans dağılımlarını ve ortalamalarını içeren çalışmalar okuyucuya yeterli güveni vermekten uzaktır. Örneğin ele alınan zaman diliminde 10 patlaması görülmüş bir yıldızın patlama sürelerinin frekans dağılımında sadece 1 adet uzun patlamaya rastlanmış olsun. Bunun gerçekte patlama genişliklerinin iki modlu dağılımına mı, yoksa sistemde arada bir anormal patlamalara rastlandığına mı (ki rastlanan bir durumdur) işaret ettiği karar verilmesi güç bir durumdur. Öyleyse, sonuçların istatistik önemini artırmak için mümkün olduğunca fazla gözlemi kullanmak, verileri az olan sistemleri istatistik değerlendirmelerde kullanmamak, ya da bunları kullanırken diğer sistemlere nazaran daha dikkatli olmak gerekir. Gözlem sayısını artırmanın yolu ise, amatörlerce daha kolay gözlenebileceklerinden nispeten parlak ve uzun süredir takip edilen sistemlerin seçilmesidir.

2) Daha önce yapılan bazı çalışmalarda araştırmacılar sakin evre düzeyinin üzerine çıkan ilk gözlem noktasını patlamanın başlangıcı olarak kabul etmişlerdir (Bkz. [48]). Eğer bu bölgelerde yeterince gözlem yoksa ki özellikle patlama başlangıcında böyledir,

söz konusu seçim patlamanın başlangıcı ve bitimini sakin evre seviyesinden daha parlak seviyelere taşır. Ve sonuç olarak ölçümler patlama tabanında yapılmış olmaz. Halbuki, araştırmacı ışık eğrisini zamana karşı bir çizim olarak önünde görebilse, başlangıcında yeterli veri olmayan patlamaları ya değerlendirmeye almaz, ya da patlamanın gelişimine uygun bir noktayı patlama başlangıcı olarak kabul eder, ve bu durumda yapacağı hata öncekinden çok daha az olur.

3) Diğer bir sorun ise verilerdeki kesilmelerdir. Farklı araştırmacılar ölçümlerinde kullandıkları ışık eğrisi parçasını kendi amaçlarına ya da imkanlarına göre seçmekte ve bu yüzden ışık eğrisi üzerinde incelenmeyen bölgeler kalmaktadır. Verilerin kesikli olması sebebiyle de ışık eğrisi parametrelerinin uzun dönemli değişimlerinin araştırılması zorlaşmakta, hatta bazı durumlarda imkansızlaşmaktadır. Bu sorunun çözümü, üzerinde çalışılan sistemin mümkün olduğunca geriye giden tüm gözlemlerini toplamaktır. Gözlem eksikliğinden kaynaklanan kesilmelerin telafisi ise mümkün değildir.

Bu noktada bahsedilebilecek bir başka sorun uzun dönemleri kapsayan verilerin elde edilmesindeki güçlüklerdir. Cüce novaların görsel fotometrik gözlemlerinin kaynağı olan amatör astronomların gözlemleri, birkaç kuruluş tarafından derlenmekte ve düzenlenerek isteyenlere gönderilmektedir. Eğer istenen veri kısa dönemleri kapsıyorsa genelde pek sorun çıkmamakta, ancak uzun dönemleri kapsayan verilerin araştırmacıya gönderilmesi bazı kuruluşlar için aylarca zaman alabilmektedir. Bu, cüce novaların uzun dönemli ışık eğrileri üzerinde çalışmak isteyen araştırmacıları zorlayan engellerden biridir. Çalışmamızda da böyle bir engelle karşılaşmıştır.

Evvelce yapılmış araştırmalarda kullanılmış olan ölçüm yöntemlerinin, analizlerdeki bazı noktaların ve verilerle ilgili sorunların sonuçlar üzerindeki belli başlı etkilerinin gözönüne alınmasıyla, çalışmamızın birinci aşamasının amacı şöyle özetlenebilir: *Verileri bulunabilen ve mümkün mertebe çok gözlemi olan her cüce novanın ışık eğrisi parametrelerinin, elde edilebilen en uzun dönemleri kapsayan görsel*

ışık eğrileri üzerinden, farklı parlaklık seviyelerinde ölçülmeleri sureti ile geniş bir veri seti oluşturmak.

Çalışmamızın ikinci aşamasının amacı, ilk aşamada oluşturulan veri seti kullanılarak, mümkün olduğunca geniş bir biçimde istatistik analizler yapmaktır.

Son aşamada ise, istatistik analizler yolu ile elde edilen gözlemsel bulgular ışığında, cüce nova patlamalarını açıklama iddiasındaki disk kararsızlığı ve kütle transferi kararsızlığı modellerinin sınanması, ve bazı model parametrelerine yarı-deneyssel sınırlamalar getirilmesi amaçlanmaktadır.



II- VERİLER VE YÖNTEM

Literatürde kendi gözlemlerini değerlendiren araştırmacıların çalışmalarına rastlamak olağan bir durumdur. Halbuki özellikle değişen yıldızların uzun dönemli görsel fotometrik verilerinin analizleri sözkonusu olduğunda başvurulana ana kaynak amatör gözlemcilerin sağladıkları verilerdir. Burada da amatör gözlemcilerin yıllar boyunca yapmış oldukları görsel fotometrik cüce nova gözlemleri birikiminden çalışmanın amacına uygun olanlar seçilmiş, geçmiş araştırmalarda ışık eğrisi parametrelerinin ölçümlemlerinde uygulanan yöntem tartışılarak genişletilmiş ve elde edilen verilere uygulanmıştır. Çalışmamızın bu bölümünde veriler tanıtılmakta, ölçüm ve analizlerde izlenen kriterler ve uygulanan yöntemler sunulmaktadır.

II-1. Veriler

İncelenen uzun dönemli görsel ışık eğrileri AAVSO ve RASNZ'den alınmıştır. Her cüce nova alt sınıfından gözlenmesi daha kolay olan nispeten parlak sistemler deklinasyonlarına göre ayrılarak, çoğu kuzey yarıküre yıldızının ışık eğrileri AAVSO'dan [62], güney yarıküre yıldızlarının çoğunluğunun ışık eğrileri ise RASNZ'den [63] istenmiştir. Ancak AAVSO'nun teknik sebeplerle daha az veri göndermesi neticesinde, güney yarıküre yıldızlarının baskın çıktığı bir veri gurubu meydana gelmiştir.

Işık eğrileri temin edilebilen yıldızların isimleri, gözlem aralıkları, yaklaşık gözlem süreleri, gözlem sayıları, verilerin alındığı kurumlar ve bu ışık eğrilerinde tespit edilebilen patlama sayıları Tablo II-1'de listelenmiştir. Tablo'daki iki yıldız hakkında şu noktalar belirtilmelidir: GK Per başlangıçta bir nova olarak sınıflanmasına rağmen,

arasına cüce nova patlamalarına benzer parlaklık artışları göstermesi sebebiyle cüce nova sınıfının da bir üyesiymiş gibi ele alınabilmektedir. Yıldız burada cüce novalarla

Tablo II-1. Uzun dönemli görsel ışık eğrileri incelenen yıldızların JD cinsinden gözlem aralıkları, miladi takvime göre gözlem aralıkları ve yıl olarak gözlem süreleri, gözlem sayıları, verilerin alındığı kurumlar ve bu çalışmada tespit edilen patlama sayıları. Yıldızlar alfabetik sıraya göre dizilmiştir. Patlama sayısı kolonundaki bazı yıldızlarda görülen ilk rakam normal patlamaların sayısını, ikinci rakam ise (SU UMa yıldızları için) süper patlama sayısını göstermektedir.

İsim	Gözlem Aralığı (JD)	Gözlem Aralığı	Yaklaşık Gözlem Süresi	Gözlem Sayısı	Veri Merkezi	Patlama Sayısı
AH Her	2438297-2450081	1963-1995	32.3	21586	AAVSO	335
AQ Eri	2442859-2450569	1976-1997	21.1	8041	RASNZ	1 - 0
AT Ara	2436260-2450569	1958-1997	39.2	6778	RASNZ	23
AT Cnc	2442506-2450539	1975-1997	22.0	3485	AAVSO	46
BD Pav	2447009-2450568	1960-1997	9.8	536	RASNZ	0
BI Ori	2441780-2450566	1973-1997	24.1	1929	RASNZ	0
BR Lup	2446883-2450569	1987-1997	10.1	2221	RASNZ	4 - 0
BV Cen	2434855-2450569	1954-1997	43.1	19445	RASNZ	29
BV Pup	2436717-2450569	1959-1997	38.0	5203	RASNZ	7
CN Ori	2437618-2450539	1961-1997	35.4	12368	AAVSO	257
CU Vel	2434846-2450569	1954-1997	43.1	20297	RASNZ	20 - 27
CZ Ori	2434767-2450569	1954-1997	43.3	6719	RASNZ	62
EK TrA	2434981-2450569	1954-1997	42.7	14681	RASNZ	8 - 18
FQ Sco	2434819-2450569	1954-1997	43.2	8527	RASNZ	8
GK Per	2437613-2450539	1961-1997	35.4	17758	AAVSO	11
HL CMa	2444659-2450569	1981-1997	16.2	8906	RASNZ	115
KK Tel	2442271-2450569	1974-1997	22.7	2124	RASNZ	0
KT Per	2439740-2450538	1967-1997	29.6	14666	AAVSO	266
MU Cen	2434887-2450569	1954-1997	43.0	9758	RASNZ	64
OY Car	2438196-2450569	1963-1997	33.9	19928	RASNZ	12 - 15
RU Peg	2437595-2450539	1961-1997	35.5	34414	AAVSO	105
RX And	2438295-2450082	1963-1995	32.3	37170	AAVSO	394
SS Aur	2437603-2450539	1961-1997	35.4	24126	AAVSO	182
SS Cyg	2413829-2448719	1896-1992	95.6	29388	AAVSO	683
SW UMa	2437618-2450539	1961-1997	35.4	7868	AAVSO	6 - 12
TT Crt	2447618-2450569	1989-1997	8.1	2049	RASNZ	2
TU Men	2438181-2450569	1963-1997	33.9	15956	RASNZ	14 - 26
TW Vir	2435166-2450569	1955-1997	42.2	7872	RASNZ	62
U Gem	2438298-2450082	1963-1995	32.3	25707	AAVSO	79
UU Aql	2446000-2450569	1984-1997	12.5	4349	RASNZ	29
UY Pup	2443890-2450569	1979-1997	18.3	3536	RASNZ	13
UZ Ser	2435228-2450569	1955-1997	42.0	6164	RASNZ	27
V436 Cen	2436256-2450569	1958-1997	39.2	14278	RASNZ	6 - 16
V442 Cen	2434824-2450569	1954-1997	43.1	17425	RASNZ	140
VW Hyi	2434596-2450569	1953-1997	43.8	51234	RASNZ	445 - 86
WW Cet	2440066-2450567	1968-1997	28.8	5745	RASNZ	45
WX Hyi	2441065-2450630	1971-1997	26.2	21425	RASNZ	88 - 42
WZ Sge	2438567-2450539	1964-1997	32.8	6391	AAVSO	4 - 1
Z Cam	2438295-2449718	1963-1995	31.3	39945	AAVSO	266
Z Cha	2434873-2450569	1954-1997	43.0	31431	RASNZ	28 - 47

aynı tarzda incelenmiştir. SS Cyg ise Tablo II-1'in öncelikli yıldızlarından biridir. Yüksek parlaklığı ve kuzey yarıküreden gözlenmeye uygun konumu sebebiyle, dahil olduğu U Gem sınıfı cüce novaların prototipi olan U Gem'den bile daha çok gözlemi vardır. Bu sebeple SS Cyg'nin neredeyse bir asırlık görsel fotometrik verileri elimizde bulunmaktadır. Yıldızın buradaki verileri, gözlemlerinin günlük ortalamalarından meydana gelmiştir.

Tablo II-1'de listelenen ışık eğrileri birbirine eklendiğinde 1300 yılı aşkın bir tek ışık eğrisi ortaya çıkmaktadır. Toplam gözlem sayısı ise 590.000 civarındadır. Üstelik gerçek gözlem sayısı bunun üzerindedir; zira SS Cyg'nin gözlemleri yukarıda da belirtildiği gibi günlük ortalamalardan oluşmuştur ve yıldızın bazı günlerde 30-40 gözlemi vardır. Buna rağmen gerek ışık eğrilerinde gözlem bulunmayan dönemlerin varlığı, gerekse bazı yıldızların gözlemlerinin azlığı sebebiyle geçmiş araştırmacıların sorunlarından biri ile burada da yüzleşilmektedir. Bazı yıldızlar için elde edilebilen patlama sayısı tatmin edici bir rakama ulaşamamaktadır. Bu sorunun karşımıza çıkardığı bir başka eksiklik ise birbirini takip eden patlamaların tespit edilememesidir ki, böyle bir veri seti ile çalışıldığında bazı ışık eğrisi parametrelerinin ölçümleri mümkün olamamıştır. Dahası, tespit edilen her patlama her ışık eğrisi parametresinin ölçümüne izin vermemiş, hatta bazı patlamalarda sadece ışık eğrisinin o bölgesinde bir patlamanın varlığı işaret edilmiş ve hiç ölçüm yapılamamıştır. Cannizzo ve Mattei [31] SS Cyg'nin bu çalışmadaki ile aynı dönemi kapsayan görsel ışık eğrisinde 700'den fazla patlama tespit etmişken bu çalışmada 683 patlamanın belirlenmesi, adigeçen yazarların patlama olarak niteledikleri bazı parlaklık artışlarının gözönüne alınmamasındandır. Cannizzo ve Mattei'nin SS Cyg için buldukları patlamaların sayısı ile Tablo II-1'de verilen patlama sayısı arasındaki farkın özünde bir seçim kriteri vardır: Varlığı süresince en az 10 adet gözlem bulunmayan (yani en azından bir kısmı gözlenememiş) patlamalar incelemeye alınmamıştır. Bu seçim kriteri patlama sayısını azaltmasına rağmen, en azından yeterli sayıda patlaması çıkarılan yıldızlar, ve tüm yıldızların kullanıldığı analizler ile ilgili sonuçların güvenilirliği bakımından gereklidir.

39 cüce nova ve 1 novanın uzun dönemli görsel ışık eğrilerinde toplam 3886 adet normal, 290 adet süper patlama belirlenmiştir. Yukarıda da söylendiği gibi bu patlamaların hepsinden ölçümlerde yararlanılamamıştır. Üstelik, 39 cüce novanın 3 tanesinde hiç patlama tespit edilememiştir (BD Pav, BI Ori ve KK Tel). Kalan 36 cüce novanın bir kısmında çok az patlama tespit edilmişken, 1-2 patlaması bulunan yıldızların hepsinde her ışık eğrisi parametresi ölçülemedi. Bununla beraber 18 yıldızın (AH Her, AT Cnc, CN Ori, CZ Ori, HL CMa, KT Per, MU Cen, RU Peg, RX And, SS Aur, SS Cyg, TW Vir, U Gem, V442 Cen, VW Hyi, WW Cet, WX Hyi ve Z Cam) uzun dönemli ışık eğrilerinin bazı analizlerini yapmaya yetecek kadar veri bulunmaktadır.

Herşeye rağmen bu çalışmadaki veriler şimdiye kadar çalışılmış en uzun dönemleri kapsamaları açısından önemlidirler. Benzer çalışmalarla mukayese etmek gerekirse; Smak [34], VW Hyi'nin ışık eğrisini incelediği çalışmasında bu yıldız için 256 normal ve 44 süper patlama tespit etmiştir. Szkody ve Mattei [36] 21 cüce novanın 1000 günlük ışık eğrileri üzerinden yaptıkları araştırmada SS Aur için 17, SS Cyg için 35, Z Cam için 11, AH Her için 37 ve CN Ori için 31 patlama üzerinde ölçümler yapmışlardır. Bu sayılar, Tablo II-1'dekilerle karşılaştırıldıkları zaman fark açıkça görülmektedir.

Tüm sistemlerin birlikte kullanıldıkları analizlerde elimizdeki veri seti ile yetinilmemiş, literatürde yayınlanmış ışık eğrisi verilerine de başvurulmuştur. Literatürden derlenen verileri Warner [61], Richter ve Brauer [51], Vogt [60] ve Warner'den [68] bulmak mümkündür. Bu çalışmalarda listelenen ışık eğrisi parametrelerinin çoğu RASNZ ve BAA (British Astronomical Association) yayınlarından toplanmıştır. İlave olarak Szkody ve Mattei'nin [36] sakin evre seviyesinden yapılan ölçümlerle sundukları ışık eğrisi parametreleri böyle bir derlemeyi çok zenginleştirir (EK-4). Böylece çok daha fazla sayıda sistem kullanarak çalışmak mümkün görünmektedir. Literatürden derlenen verileri kendi veri setimizle birleştirerek bir "*birleşik veri seti*" elde etmenin dezavantajı, Szkody ve Mattei'ninki dışındaki çalışmaların büyük çoğunluğunda ölçüm seviyesinin sakin evre düzeyi olmamasıdır. Ancak çalışılan sistem sayısının

fazlalaşması bu dezavantajı hafifletebilir. Kaldı ki böyle bir derleme çalışmasında bile kullanılan ışık eğrisi parametrelerinin yaklaşık %70'i gene bu çalışmadaki ölçümlerin sonuçlarından oluşmaktadır. Szkody ve Mattei'den yapılan katkı ile, taban seviyesinden yapılmış ölçümlerle elde edilmiş verilerin birleşik veri setindeki oranı %90'a yaklaşmaktadır. Zira birleşik veri seti oluşturulurken, çalışmamızda ışık eğrisi parametrelerini ölçtüğümüz sistemler sözkonusu olduğunda sadece kendi verilerimiz, burada çalışılmamış ancak Szkody ve Mattei tarafından çalışılmış sistemlerde onların ölçüm sonuçları, diğer sistemlerde ise derlenen verilerin ortalamaları kullanılmıştır.

Özellikle istatistik analiz aşamasında sistemlerin yörünge periyotları, bileşen kütleleri gibi parametrelerinin bilinmesi de gereklidir. Bu ihtiyacı karşılamak için literatürdeki iki katalogdan derlenen değerler Tablo II-2'de yörünge periyoduna göre listelenmiştir. Görüldüğü gibi verileri bulunan sistemler oldukça geniş bir yörünge periyodu, ve buna bağlı olarak bileşen kütlesi ve kütle oranı aralığını kapsamaktadırlar. Tablo'nun hazırlanmasında yörünge periyotları bilinen sistemlerin bir kataloğunu hazırlayan Ritter ve Kolb'un [9] çalışması esas alınmıştır. Zaten verileri istenen yıldızlar da esas olarak bu katalogdan seçilmişlerdir; zira, ancak en azından temel sistem parametresi olan yörünge periyodu yüksek bir kesinlikle belirlenmiş sistemlerden yola çıkarak, sistem parametreleri ile ışık eğrisi parametreleri arasında ilişkiler aramak mümkündür.

II-2. Yöntem

Kullanılan yöntem üç başlık halinde tanıtılmıştır. İlk önce ölçümü yapılacak ışık eğrisi parametreleri tanımlanmış, ardından ölçümlerin yapılacağı parlaklık seviyeleri anlatılmıştır. Son olarak da analizlerde kullanılacak yöntemlerden bahsedilmiştir.

En çok verisi bulunan yıldız olması sebebiyle, aşağıda anlatılan yöntemler her seferinde ilk olarak SS Cyg'ye uygulanmıştır. Bu yıldızın çalışmamızda incelenen verileri Cannizzo ve Mattei [31] tarafından aynı amaçla, biraz eksik de Hempelmann

Tablo II-2. Uzun dönemli görsel ışık eğrileri incelenen cüce novaların koordinatları, alt sınıfları, parlaklık değişim aralıkları, yörünge periyotları (P), ikincil bileşenin spektrel tipi (Sp₂) ve ısıma gücü sınıfı, kütle oranı (M₁/M₂), beyaz cüce kütleleri (M₂), ve yörünge eğimleri (i). Tabloda parantez içindeki değerler hata miktarlarını, “.” sembolü ise henüz kesinleşmemiş değerleri belirtir. Alt sınıf kolonundaki N harfi çalışmamızın tek novası GK Per için kullanılmıştır. Bunun dışında, UG harfleri U Gem, SU harfleri SU UMa ve ZC de Z Cam sınıfı cüce novaları göstermektedir. Parlaklık aralığı kolonundaki ilk rakam sistemin patlamadaki (SU UMa’lar için süper patlamadaki) maksimum parlaklığını, ikinci rakam ise sakin evredeki minimum parlaklığını vermektedir. Sistemler yörünge periyoduna göre sıralanmıştır. Koordinatlar Downes ve ark.’dan [10], kalan veriler ise Ritter ve Kolb’dan [9] alınmıştır.

İsim	α (2000.0)	δ (2000.0)	Alt Sınıf	Parlaklık aralığı	P (saat)	Sp ₂	M ₁ /M ₂	M ₁ (M _☉ =1)	M ₂ (M _☉ =1)	i (°)
GK Per	03 ^h 31 ^m 11 ^s .82	+43°54'16".8	N	0 ^m 2-14 ^m .0	47.923272	K0/IV	3.6 (0.5)	0.9 (0.2)	0.25	<73
BV Cen	13 31 19.55	-54 58 33.6	UG	10.5-13.3	14.642784	G5-8/V	0.92 (0.06)	0.83 (0.10)	0.90 (0.10)	62 (5)
V442 Cen	11 24 51.92	-35 54 37.7	UG	11.9-16.5	11.04 :					
RU Peg	22 14 02.58	+12 42 11.4	UG	09.0-13.1	8.9904	K2-3/V	1.29 (0.20)	1.21 (0.19)	0.94 (0.04)	33 (5)
MU Cen	12 12 53.86	-44 28 16.3	UG	11.8-14.9	8.208		1.22 (0.23)	1.20 (0.20)	0.99 (0.03)	>45
TT Cr1	11 34 47.20	-11 45 30.4	UG*	12.7-16.3	7.30272 :	K5-M0/V	1.25	0.8		58 :
Z Cam	08 25 13.20	+73 06 39.4	ZC	10.5-14.8	6.95616	K7/V	1.41 (0.20)	0.99 (0.15)	0.70 (0.03)	57 (11)
SS Cyg	21 42 42.66	+43 35 09.5	UG	8.2-12.1	6.60312	K5/V	1.69 (0.06)	1.19 (0.02)	0.704 (0.002)	37 (5)
AH Her	16 44 09.99	+25 15 02.1	ZC	11.3-14.7	6.194784	K2-M0/V	1.25 (0.08)	0.95 (0.10)	0.76 (0.08)	46 (3)
AT Cnc	08 28 36.92	+25 20 02.6	ZC	12.7-16.2	5.728584					
BV Pup	07 49 05.26	-23 34 00.7	UG	13.1-15.6	5.4 :					
CZ Ori	06 16 43.23	+15 24 11.7	UG	17.0-11.8	5.1504 :					
HL CMa	06 45 17.00	-16 51 35.	ZC	11.7-14.5	5.148			1.0 :	0.45 (0.10)	45 :
RX And	01 04 35.55	+41 17 58.0	ZC	10.9-14.9	5.037432		2.4 (0.7)	1.14 (0.33)	0.48 (0.03)	51 (9)
SS Aur	06 13 22.44	+47 44 25.7	UG	10.5-14.8	4.3872	M1/V	2.8 (1.0)	1.08 (0.40)	0.39 (0.02)	38 (16)
TW Vir	11 45 21.13	-04 26 05.9	UG	12.1-16.3	4.38408	M2-4/V	2.3 (0.6)	0.91 (0.25)	0.40 (0.02)	43 (13)
BD Pav	18 43 11.90	-57 30 44.2	UG	12.4-16.5	4.3032		2.27 (0.46)			>55
U Gem	07 55 05.29	+22 00 05.7	UG	9.1-15.2	4.245744	M4.5/V	2.17 (0.14)	1.26 (0.12)	0.57 (0.07)	69.7 (0.7)
WW Cet	00 11 24.77	-11 28 42.7	ZC	9.3-15.7	4.236		2.1	0.85 (0.11)	0.41 (0.01)	54 (4)
UZ Ser	18 11 24.90	-14 55 33.9	UG	11.9-16.0	4.152					
CN Ori	05 52 07.77	-05 25 00.7	UG-ZC*	11.9-16.3	3.916776	M4/V	4.51 (0.09)	0.74 (0.10)	0.49 (0.08)	67 (3)
KT Per	01 37 08.72	+50 57 20.0	ZC	15.4-10.6	3.912					
UU Aql	19 57 18.68	-09 19 20.8	UG	11.0-16.7	3.37176 :					

Tablo II-2. (devam)

İsim	α (2000.0)	δ (2000.0)	Alt Sınıf	Parlaklık aralığı	P (saat)	Sp ₂	M ₁ /M ₂	M ₁ (M _☉ =1)	M ₂ (M _☉ =1)	i (°)
TU Men	04 41 40.71	- 76 36 46.3	SU	11.6->16	2.8224		1.7	0.6	0.35	65 (10)
KK Tel	20 28 38.46	- 52 18 45.6	UG	13.5-19.5	2.016					
BR Lup	15 35 53 .	- 40 34 06 .	SU	13.1->17.5	1.9032					
CU Vel	08 58 32.87	- 41 47 50.8	SU	10.7-15.5	1.8552					
WX Hyi	02 09 50.65	- 63 18 39.9	SU	11.4-12.5	1.795512		5.5 (1.5)	0.9 (0.3)	0.16 (0.05)	40 (10)
Z Cha	08 07 28.20	- 76 32 01.2	SU	11.9-17.2	1.787976		6.7(0.2)	0.84 (0.09)	0.125 (0.014)	81.8 (0.1)
VW Hyi	04 09 11.34	- 71 17 41.1	SU	8.5-13.8	1.782504	M5.5/V	6(1)	0.63 (0.15)	0.11 (0.02)	60 (10)
EK TrA	15 14 01.47	- 65 05 31.3	SU	12.0->17	1.5264					
OY Car	10 06 22.43	- 70 14 04.9	SU	11.4-17.3	1.514904	M6/V	9.8(0.3)	0.685 (0.011)	0.070 (0.002)	83.3 (0.6)
V436 Cen	11 14 00.10	- 37 40 48.6	SU	11.3-15.5	1.500024		4(1)	0.7: (0.1)	0.17:	65: (5)
AQ Eri	05 06 13.04	- 04 08 07.0	SU	12.5-17.7	1.46256					
SW UMa	08 36 42.80	+53 28 38.2	SU	9.0-17.0	1.36356		7.1(2.0)	0.71 (0.22)	0.10 (0.01)	45 (18)
WZ Sge	20 07 36.40	+17 42 15.4	SU	7.0-15.5	1.360512		8.7(1.1)	0.45 (0.19)	0.058 (0.023)	72 (2)
AT Ara	17 30 33.77	-46 05 58.5	UG*	11.5-14.9*						
BI Ori	05 23 51.77	+01 00 30.2	UG*	13.2-16.7*						
FQ Sco	17 08 04.44	- 32 42 02.1	UG*	12.0-18.5*						
UY Pup	07 46 31.23	- 12 57 09.4	ZC*	13.0-16.8*						

* Downes ve ark. [10]

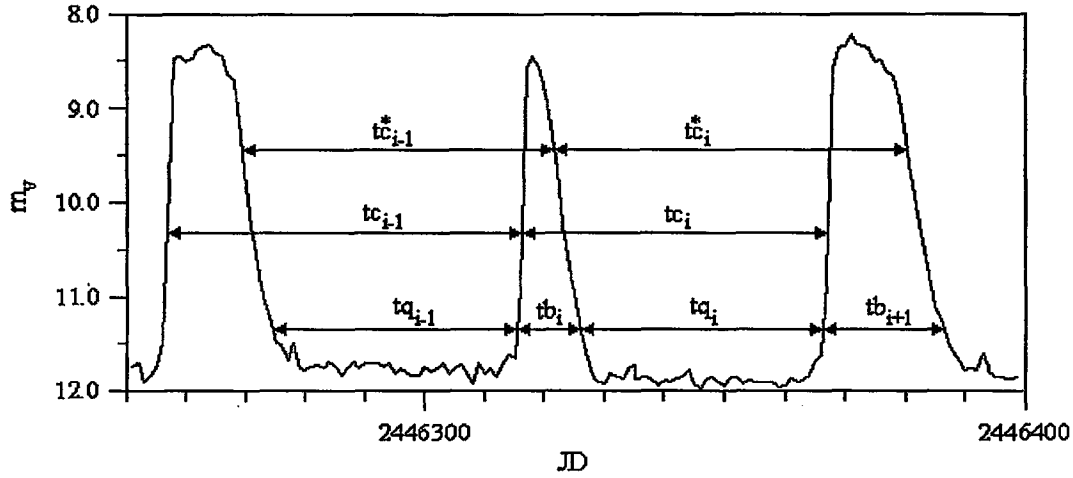
ve Kurths [30] tarafından benzer amaçlarla kullanıldığından, sonuçların bu iki çalışma ile ayrıntılı şekilde karşılaştırılması mümkün olmuştur.

II-2.1. Işık eğrisi parametreleri

Ölçümü veya hesabı yapılan ışık eğrisi parametreleri, patlama süresi (t_b), çevrim süresi (t_c), sakin evre süresi (t_q), patlamada ulaşılan maksimum parlaklık (m_{max}), patlama genliği (A), patlamaya çıkış oranı (Δt_{rise}) ve patlamadan iniş oranıdır (Δt_{dec}). Bu parametrelerin sembolleri evvelki çalışmalarla uyum sağlayacak şekilde seçilmiştir (ölçülen ya da hesaplanan ışık eğrisi parametrelerinin tanımları için, bkz. Bölüm I-3). SU UMa yıldızlarının süper patlamalarında aynı parametreler normal patlamalarla aynı şekilde tanımlanmış ve ölçülmüştür.

Belli bir patlama ile ilgili ışık eğrisi parametreleri söz konusu olduğunda, patlamanın öncesi ve sonrasındaki ışık eğrisi parametrelerini tanımlamak için patlamaya atfedilen, ve zamanla artan sıra numarasını gösteren “i” indisi kullanılmıştır (Şekil II-1). Buna göre; sakin evre süresi ve çevrim süresi için “i” indisi bu parametrelerin “i” numaralı patlamadan hemen sonraki bölgede ölçülenlerini, “i-1” indisi ise bu patlamadan hemen önceki bölgede ölçülenlerini göstermektedir. Çevrim sürelerinin patlamadan iniş kollarında ölçülenlerini tanımak için bunlara ayrıca bir “*” işareti eklenmiştir. Patlama süresi gösterilirken “i” indisli olanı çalışılan patlamayı, “i+1” indisli olanı ise sonraki patlamayı gösterir. Patlamada ulaşılan maksimum parlaklık (m_{max}), patlama genliği (A), patlamaya çıkış (Δt_{rise}) ve patlamadan iniş (Δt_{dec}) oranlarından bahsedilirken de “i” indisi, “i” numaralı patlamaya ait parametreleri işaret eder.

Işık eğrisi parametreleri bu amaçla hazırlanan bir bilgisayar programı vasıtasıyla, bilgisayar monitöründe görüntülenen ışık eğrisi parçası üzerinden, Bölüm II-2.2’de verilen ölçüm seviyelerinde ölçülmüştür. Ölçüm işlemi sırasında yapılabilecek hata miktarı bir piksel kadardır ve bu da hiçbir yıldız için 4 saati geçen bir değere karşılık gelmemektedir. Gerçekte ölçülen değer patlamanın ölçüm yapılan seviyedeki başlangıç ve bitim noktalarının Julian Day cinsinden tarihleridir. Daha sonra bu tarihler listelenmiş ve her ölçüm seviyesi için ışık eğrisi parametreleri gene uygun amaçla



Şekil II-1. Patlama süresi, sakin evre süresi ve çevrim süresinin bu çalışmadaki indisli halleriyle gösterimleri. Şekil, SS Cyg'nin ışık eğrisinin bir parçası kullanılarak üretilmiştir.

yazılmış bir bilgisayar programı yardımıyla hesaplanmıştır. Bunun ardından her patlamanın her ölçüm seviyesi için elde edilen ışık eğrisi parametreleri bir bilgisayar dosyasında toplanarak, her yıldızın tüm ölçüm sonuçlarını bir tek dosyada görmek ve istenen işlemi ek bilgisayar programları yardımıyla bu dosya üzerinden yapabilmek imkanı sağlanmıştır. Böylece tasarlanan istatistik analizlerin büyük kısmı bir tek bilgisayar dosyası üzerinden yapılabilmektedir.

II-2.2. Ölçüm seviyeleri

Patlama süresi, sakin evre süresi ve çevrim süresi her yıldız için beş ayrı ölçüm seviyesinde ölçülmüştür. Bunlardan ilki sakin evre düzeyi, yani patlamanın gerçekte başlayıp bittiği seviyedir ve sabit bir parlaklık değerine karşılık gelmez. İkinci ölçüm seviyesi sakin evreye yakın ancak ondan biraz daha parlak olan ve sabit bir parlaklık değerine karşılık gelen bir parlaklık düzeyidir. Üçüncü ölçüm seviyesi patlamaların yaklaşık ortasına karşılık gelmektedir. Dördüncü seviye, üçüncü seviye ile patlama maksimumu arasındaki bir parlaklık düzeyidir. Son ölçüm seviyesi ise patlama maksimumudur. Her yıldızın parlaklık değişim aralığı farklı olduğundan seviyeler bazı durumlarda farklı bazı durumlarda aynı olabilir. Ölçüm seviyelerinin yıldızlar arasında benzerlik arzemesi için özel bir çaba sarfedilmemiştir. Ölçüm seviyeleri Tablo II-3'te listelenmiştir.

Bölüm I-3'te anlatıldığı gibi, patlama süresi ve sakın evre süresinin gerçek değerleri ancak sakın evre düzeyinde (patlama tabanında) ölçülebilir. Halbuki ölçüm yapan kişiye bağlı hataların arttığı sakın evre düzeyinde patlamanın başlangıç ve bitim noktalarına karar vermek zordur, ve bu seviyeden yapılan ölçümlerle elde edilen ışıık eğrisi parametrelerinin korelasyon analizleri herşeye rağmen okura yeterince güven vermeyebilir. Üstelik ışıık eğrisinin en sönük yeri olan sakın evre düzeyinden ölçülebilen ışıık eğrisi parametrelerinin sayısı, daha parlak seviyelerde yapılan ölçümlerden elde edilen ışıık eğrisi parametrelerinin sayısından daha az olmaktadır. Çevrim süresinin değeri ise ölçüm seviyesine bağlı değildir, fakat daha parlak seviyelerden bulunan değerleri elbette daha güvenilirlerdir. Patlamaya çıkış ve patlamadan iniş oranlarının da taban seviyesi ile bundan daha parlak bir ölçüm seviyesi arasında hesaplanmalarındansa, sakın evre düzeyinin üzerindeki iki ölçüm seviyesi arasında hesaplanmaları daha duyarlı sonuçlar verecektir. Bu sebeple patlamaya çıkış ve patlamadan iniş oranları sakın evre düzeyinin hemen üzerindeki (2. ölçüm seviyesi) ve maksimum düzeyin hemen altındaki (4. ölçüm seviyesi) ölçüm seviyelerinden alınan ölçümler kullanılarak hesaplanmışlardır. Böylece istenen istatistik analiz yöntemi amaca en uygun seviyeden alınan parametreler kullanılarak uygulanabilmektedir.

Böylece her ölçüm seviyesinden elde edilen çevrim süreleri içinde, saçılmanın en az olduğu seviye seçilerek, buradaki çevrim sürelerinin ortalaması yıldızın ortalama çevrim süresi olarak verilebilir. Sakın evre düzeyinde yapılan ölçümlerle elde edilen patlama süreleri ve sakın evre sürelerinin ortalamaları yıldızın ortalama patlama süresi ve sakın evre süresi olarak tanınabilir. Korelasyon analizleri, birbirini içeren ışıık eğrisi parametrelerine dikkat edilerek parametrelerin en az saçılma gösterdiği seviye(ler)den yapılabilir. Veya patlama süresinin daha az saçılma gösterdiği patlama ortasındaki ölçümleri ile, patlama süresi içine girmeyen tabanda ölçülmüş sakın evre süresi arasında korelasyonlar aranarak modeller sorgulanabilir. O-C eğrileri ve uzun-dönemli hareketli ortalamalar, parametrelerin en az saçılma gösterdikleri seviyeler seçilerek hesaplanabilir. Patlamaya çıkış ve patlamadan iniş oranlarının 2. ve 4. ölçüm seviyelerinde yapılan ölçümlerden itibaren hesaplanmaları, hem parametrelerdeki saçılmaların nispeten az olmasını, hem de parametre sayısı bakımından sakın evre

düzeyindeki ölçümlerin kullanılması ile elde edilebilenlerden daha yüksek değerlere ulaşılmasını sağlar.

Tablo II-3. Bu çalışmada incelenen yıldızların ölçüm seviyeleri. Sistemler alfabetik sıraya göre dizilmiştir. NP harfleri normal patlamaları, SP harfleri ise süper patlamaları gösterir. Taban kelimesi ile kastedilen seviye sakin evre düzeyi, zirve kelimesi ile kastedilen seviye ise patlama maksimumudur. Bunların arasındaki sayılar kadir cinsinden ara seviyeleri gösterir.

Yıldız	Ölçüm seviyeleri (NP)	Ölçüm seviyeleri (SP)
AH Her	taban, 13.5, 12.5, 12, zirve	
AQ Eri	taban, 13.7, 13.4, 12.8, zirve	—
AT Ara	taban, 13.4, 13.1, 12.8, zirve	
AT Cnc	taban, 14, 13.5, 13, zirve	
BD Pav	—	
BI Ori	—	
BR Lup	taban, 14.6, 14.1, 13.7, zirve	—
BV Cen	taban, 12.8, 12, 11.5, zirve	
BV Pup	taban, 14, 13, 12.5, zirve	
CN Ori	taban, 13.8, 13, 12.5, zirve	
CU Vel	taban, 13.3, 12.9, 12.5, zirve	taban, 13.3, 12.3, 11.4, zirve
CZ Ori	taban, 13.5, 13, 12.5, zirve	
EK TrA	taban, 13.4, 13.2, 12.9, zirve	taban, 13.4, 12.5, 12, zirve
FQ Sco	taban, 13.3, 12.9, 12.4, zirve	
GK Per	taban, 12.8, 12, 11, zirve	
HL CMa	taban, 13.5, 12.5, 12, zirve	
KK Tel	—	
KT Per	taban, 14, 13.5, 12.5, zirve	
MU Cen	taban, 14, 13.5, 12.5, zirve	
OY Car	taban, 14, 13.5, 13, zirve	taban, 14, 13.5, 12.5, zirve
RU Peg	taban, 12.5, 11.5, 11, zirve	
RX And	taban, 13, 12.5, 12, zirve	
SS Aur	taban, 14, 13, 11.5, zirve	
SS Cyg	taban, 11, 10, 9, zirve	
SW UMa	taban, 14.5, 14, 12.8, zirve	taban, 15, 13.5, 11, zirve
TT Crt	taban, 13.8, 13.5, 13.1, zirve	
TU Men	taban, 13.8, 13.3, 13, zirve	taban, 13.8, 13, 12.2, zirve
TW Vir	taban, 13.5, 13, 12.2, zirve	
U Gem	taban, 13, 12, 10, zirve	
UU Aql	taban, 14, 13, 12, zirve	
UY Pup	taban, 14, 13.8, 13.5, zirve	
UZ Ser	taban, 13.5, 13, 12.8, zirve	
V436 Cen	taban, 14, 13.6, 12.9, zirve	taban, 14, 13.5, 12.5, zirve
V442 Cen	taban, 13.2, 12.5, 12, zirve	
VW Hyi	taban, 12.5, 11.5, 10, zirve	taban, 12.5, 11.5, 10, zirve
WW Cet	taban, 13.5, 12.5, 11.5, zirve	
WX Hyi	taban, 13.9, 13.5, 13, zirve	taban, 13.9, 13, 12.5, zirve
WZ Sge	taban, 14.2, 13.5, 13, zirve	taban, 14.5, 13.5, 11, zirve
Z Cam	taban, 12.5, 12, 11, zirve	
Z Cha	taban, 13.8, 13.4, 12.9, zirve	taban, 13.8, 13, 12.5, zirve

II-2.3. Analizler

Önceki çalışmalarda kullanılan temel istatistik analiz yöntemleri burada da takip edilmiştir. Kullanılan yöntemler başlıklar halinde şöyle verilebilir: 1) Aritmetik ortalamalar, 2) Frekans dağılımları, 3) Korelasyon analizleri, 4) O-C eğrileri, 5) Uzun dönemli hareketli ortalamalar, ve 6) Fourier periyot analizleri.

Işık eğrisi parametrelerinin aritmetik ortalamaları aynı yıldız için çeşitli çalışmalarda farklı verilmiş olabilir. Bunun sebebi veri setinin uzunluğu/kısalığı, ölçüm seviyesinin seçimi, hatta çalışanın seçiciliği sonucu bazı patlamaların atlanması bile olabilir. Bu çalışmada ortalama değerler adına yapılmak istenen ise, her yıldız için “iyi gözlenmiş” patlamaların sakin evre düzeylerinden ölçülen patlama süresi ve sakin evre sürelerinin, ve üçüncü ölçüm seviyesinden elde edilen çevrim sürelerinin ortalamalarını vermektir. Tabii diğer parametrelerin ortalama değerleri de verilmiştir. Işık eğrisi parametrelerinin bu ortalama değerleri her yıldız için karakteristik büyüklükler olmaları sebebiyle önemlidirler. Üstelik parametrelerin ortalama değerleri bir kere elde edildikten sonra, bunların birbirleri ve başka büyüklüklerle ilişkileri araştırılabilir, modellerin sınanmasını sağlayan korelasyonlar aranabilir.

Uzun dönemli görsel ışık eğrisinden elde edilen parametrelerin frekans dağılımları da bulunabilir. Böylece geçmiş çalışmalarda az sayıda patlamanın ele alınması sebebiyle net bir şekilde ortaya konulamamış olan frekans dağılımları belirlenebilir. Özellikle patlama sürelerinin frekans dağılımlarında şimdiye kadar rastlanmamış olan iki-modlu durumun, buradaki veri seti ile ne derece doğrulandığı anlaşılabilir. Patlama süresinin iki-modlu frekans dağılımını gösteren yıldızların uzun ve kısa patlamaları gerektiğinde ayrıca incelenebilir. Üstelik diğer parametrelerin frekans dağılımları da, en azından bu tarzda bir analize yetecek sayıda parametresi ölçülebilen yıldızlar için net bir biçimde ortaya konabilir.

Korelasyon analizleri, sistemlerin ortalama ışık eğrisi parametrelerinin birbirleri ile ve fiziksel parametrelerle ilişkilerinin araştırılması için yapılır. Fakat bir yıldızın ışık eğrisi parametrelerinin kendi aralarındaki ilişkilerin araştırılması yanlış sonuçlara

götürebilen, ve bu yüzden çok dikkatli olunması gereken bir çalışma tarzıdır. Çünkü, Cannizzo ve Mattei [31] ikaz edene kadar bazı araştırmacılar parlak ölçüm seviyelerinden yapılmış ölçüm sonuçlarını kullanarak, bu parametreler arasındaki ilişkileri araştırmışlardır [50] [29]. Ancak elde ettikleri korelasyonlar hiç de güvenilir değildir. Çünkü, birbirini kısmen ya da bütünüyle içeren parametreler arasında ilişkiler bulunduğu iddiasını sunmuşlardır. Halbuki Şekil II-1'den de açıkça görülebileceği üzere, örneğin herhangi bir ölçüm seviyesinden alınan ışık eğrisi parametreleri ile $tc_i: tq_i$ veya $tc_i: tb_i$ ilişkisinin varlığından söz etmek yanlıştır. Zira, tc_i parametresi hem tb_i ve hem de tq_i parametresini tamamen kuşatmaktadır. Benzer sebeple $tc_{i-1}: tq_{i-1}$, $tc_i^*: tb_{i+1}$, $tc_{i-1}^*: tq_{i-1}$, $tc_{i-1}^*: tb_i$, $tc_i^*: tq_i$ ilişkilerinden de bahsedilemez. Bunun da ötesinde, örneğin parlak ölçüm seviyelerinden elde edilmiş tc_i ile herhangi bir seviyeden ölçülmüş tb_{i+1} arasındaki bir ilişkiden de söz etmek zordur; çünkü buradaki tc_i parametresi $i+1$ 'inci patlamaya az da olsa nüfuz etmektedir. Bu problemi en azından kısmen aşmanın yolu, tabandan (sakin evre seviyesinden) yapılan ölçümleri kullanmaktır. Çözüm kısmidir çünkü çevrim süresi hala bazı parametreleri içermeye devam edecektir. Bu sebeple, korelasyon analizlerinde hangi ölçüm seviyesinden elde edilmiş olursa olsun çevrim süresi çok dikkatle kullanılmalıdır. Fakat, tabandan ölçülmesi şartıyla sakın evre süresi, herhangi bir seviyeden ölçülmüş patlama süresi, genlik, maksimum parlaklık, patlamaya çıkış ve patlamadan iniş oranları korelasyon analizlerinde güvenle kullanılabilirler. Patlama süresi herhangi bir seviyeden alınabilir, hatta parlak seviyeden alınmasında verilerin saçılmasının daha az olması ve elde edilen parametre sayısının daha yüksek olması sebebiyle fayda da vardır; çünkü eğer patlama geniş ise her seviyede geniştir.

Korelasyon analizinde sadece lineer korelasyonlar araştırılmış, ve ilişkilerin kuvvetleri lineer korelasyon katsayısı (r) ile gösterilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkilerin ölçüsü en yaygın şekilde korelasyon katsayısı ile verilir. Fakat böyle araştırmalarda istatistik olarak anlamlı korelasyon katsayılarının seçilebilmesi amacıyla bir sınır değer tespit edilmelidir. Bu sebeple çalışmamızda sadece veri adedi relatif olarak yüksek ($N \geq 20$, N =Veri sayısı) yıldızlar için korelasyon analizi yapılmıştır (Press ve ark., [64]). Korelasyon katsayısının alt sınırının (önem sınırı) tespitinde

Cannizzo ve Mattei'nin [31] kullandığı yaklaşım burada da dikkate alınmıştır. Yani lineer korelasyon katsayısı r 'nin önem sınırı $N^{-1/2}$ olarak kabul edilmiştir. Böylelikle örneğin veri adedindeki alt sınırimız olan 20 adet (x, y) veri çifti kullanılan bir korelasyon analizi için korelasyon katsayısının önem sınırı ± 0.22 'dir. Fakat korelasyon analizlerinin güvenilirliğinin artırılması için bu değer de yaklaşık ikiye katlanarak ± 0.40 kabul edilmiştir. Aslında ± 0.40 'lık anlam sınırı literatürdeki benzer çalışmalarda da kullanılır.

Bir patlamadan diğerine geçen zamanı temsil eden çevrim süreleri temel alınarak, ortalama çevrim süresinden hareketle ve belli bir patlamadan itibaren, beklenen patlama başlangıçları ile gözlenen patlama başlangıçları arasındaki zaman farkları hesaplanabilir. Bu farkların zamanın temsilcisi patlama sıra numarasına göre grafike edilmesi yoluyla elde edilen eğrilere O-C eğrileri (veya O-C diyagramları) adı verilir. Bu tanımı,

$$O-C = JD_1 - (t_c \cdot S + JD_2)$$

şeklinde formüle etmek mümkündür. Burada JD_1 patlamanın meydana geldiği zamanı, t_c ortalama çevrim süresini, JD_2 hesabın başlatıldığı patlamanın başlangıç tarihini, S ise O-C hesabının başlatıldığı patlama numarası ile hesabın yapıldığı patlama numarası arasındaki farkı (yani başlangıçtan itibaren geçen patlama sayısını) gösterir. O-C eğrilerinin hesaplarında her sistemin ortalama çevrim süresi için bu çalışmada bulunan değer kullanılmıştır.

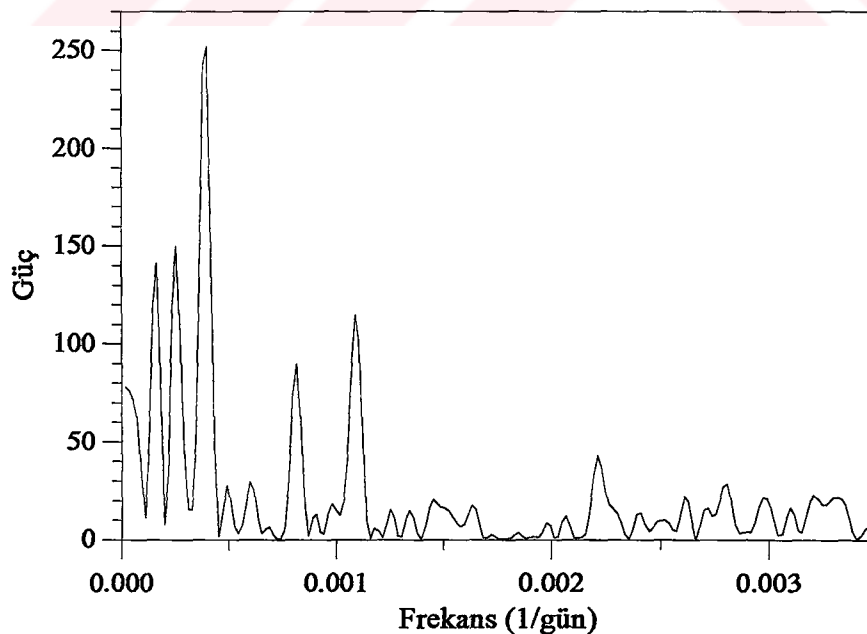
O-C eğrileri çevrim sürelerinin ortalama değere göre uzun dönemlerde değişiminin araştırılmasını sağlamak amacıyla çizilirler. Aslında çevrim süresi temel olarak kütle transfer miktarı ile ters orantılıdır. Bu sayede çevrim süresini belirleyen fizik parametrelerin sistemde nasıl bir genel değişim gösterdiği anlaşılabilir. Ancak O-C eğrileri sadece çevrim süresinin değişim gösterip göstermediğini belirtir, ayrıntı vermekten uzaktırlar.

Uzun dönemli hareketli ortalamalar yöntemi ise ışık eğrisi parametrelerinin zamana bağlı genel değişimlerinin ortaya konmasında, ve parametreler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin -eğer varsa- şekilsel olarak tespit edilmesinde yararlı olurlar. Uzun dönemli değişkenlikleri O-C eğrilerine göre daha iyi bir şekilde sergilemelerine rağmen, değişimlerin karakteristiklerine yönelik nicel sonuçlar veremezler.

Bu çalışmanın giriş bölümünde de bahsedildiği gibi, kataklismik değişenlerin bileşen yıldızlarındaki manyetik çevrimlerin Fourier periyot analizleri yolu ile ortaya konulması mümkündür. Ancak her cüce novanın her patlaması iyi bir şekilde gözlenemediği için, gerek çevrim süreleri gerekse patlama sürelerinde uzun dönemli kesilmeler meydana gelmekte, dolayısıyla sayıları çok düşmektedir. Halbuki uzun dönemli ışık eğrilerinde çok daha az kesintili bir veri daha vardır: sakin evre parlaklıkları. Cüce novaların sakin evre parlaklıklarının yarısından fazlasının bileşen yıldız ve sıcak lekenin katkısı ile oluştuğu bilinmektedir [31]. Artan kütle transfer oranı disk parlaklığını da yükselteceğinden, sakin evre parlaklıkları Fourier periyot analizlerinde kullanılabilir. Bu fikri test etmenin en sağlıklı yolu, iyi gözlenmiş bir cüce novanın çevrim süreleri, patlama süreleri ve sakin evre parlaklıklarında birbirinden bağımsız olarak çevrimsel değişimler aramak, ve aynı sonuçları verip vermediklerine bakmaktır. Böyle bir yöntem uygulanan SS Cyg'nin her üç ışık eğrisi parametresinden de aynı çevrim periyotları bulunmuştur. SS Cyg için elde edilen uyuma dayanılarak uzun dönemli ışık eğrilerinde 2. ölçüm seviyesinden daha sönük olan tüm gözlemler seçilmiş, ve bunlarda Fourier periyot analizi yöntemi ile çevrimsel değişimler aranmıştır. Bununla birlikte Fourier yönteminin sakin evre parlaklıklarında çok karmaşık bir güç spektrumu vermesi ve patlama ya da çevrim sürelerinin sayısının yüksek olması halinde, bazı sistemler için sakin evre parlaklıkları yerine çevrim ya da patlama süreleri de kullanılmıştır.

Fourier periyot analizleri, AAVSO'dan G. Foster'ın hazırlamış olduğu TS11 isimli bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır. Bu program veriler üzerinde muhtemel tüm periyotları araştırarak güç spektrumunu çizer, ve varlığı en muhtemel 20 periyodu listeleterek verilerin bu periyotlardan istenen birine ya da birkaçının

ndan elde edilen güç spektrumu şekli 11-2 de verilmiştir.



Şekil II-2. SS Cyg'nin sakin evre parlaklıklarından Fourier periyot analizi ile elde edilen güç spektrumu. En yüksek tepecik yaklaşık 2500 gün'e karşılık gelmektedir. Her sistem için elde edilen güç spektrumu böylesine "temiz" değildir. Çoğu durumda güç spektrumundan gerçek periyodun tespiti oldukça zordur.

Bu analiz yöntemlerinin sonuçları esas olarak sistem bileşenlerinin özelliklerinin ve değişimlerinin anlaşılmasında kuramsal çalışmalara ışık tutar, onları yönlendirir. Tüm sonuçlar cüce novaların alt grupları gözönüne alınarak değerlendirilirse, cüce nova alt sınıflarını birbirinden ayıran farkların irdelenmesi konusunda bir adım daha atılmış olur.

Gerçekte her sistemin uzun dönemli görsel ışık eğrisinin istatistik analizi başlıbaşına bir çalışma konusudur. Ancak fazla sayıda sistem içeren bu doktora çalışmasında ışık eğrilerinin tek tek ele alınarak ayrıntılı bir incelemeye tabi tutulmaları, bir doktora çalışması için biçilen sürenin ve sayfa hacminin çok dışına taşılması anlamına gelir. Bu sebeple çalışmamızda sistemlerin ışık eğrileri sadece yukarıda bahsedilen yönlerden ele alınmış, tek tek ayrıntılı irdelemeleri verilmemiştir.

III- BULGULAR

Önceki bölümde bahsedilen yöntemler kullanılarak elde edilen veri analizi sonuçları bu bölümde verilmiştir. Işık eğrisi parametreleri hangi istatistik yöntemle incelenirlerse incelensinler, amaç, bu yöntemler yoluyla elde edilen gözlemsel sonuçların kuramları destekleyip desteklemediğini ortaya koymak, ve kuramlara açıklanmak üzere gözlemsel bulgular sunmaktır. Bir cüce novanın yapısına bakıldığında farklı bileşenler görülür: Roche lobunu taşımış geç tipten bir anakol yıldızı, bundan tıkmaz bir yıldıza doğru kütle akımı, kütle akımı ile oluşan bir yığılma diski, akımla diskin çarpıştığı yerde bir sıcak leke, diskin beyaz cüceye yaklaştığı yerde bir geçiş bölgesi, ve bu bileşen çeşitliliğinin getirdiği bir gözlemsel değişim zenginliği. Tüm sistem üyelerinin birbirleri ve sistemin toplam ışıınımı üzerindeki etkilerinin, bir tek modelden hareket edilerek topluca ortaya konulabilmesi son derece zor, ve bazen spekülatif sonuçlara götüren bir çalışma tarzıdır. Bu sebeple, uygulanan her analiz yöntemi genelde ayrı ayrı sistem parçalarının incelenebilmesini daha olanaklı kılabilir. Çalışmamızda da her analiz yönteminin sonuçları bölümlere ayrılarak bunlar ayrı ayrı açıklanmaya çalışılmıştır.

III-1. Aritmetik Ortalamalar

Bir cüce nova için uzun dönemli ışık eğrisinden ölçülen ışık eğrisi parametrelerinin ortalama değerleri karakteristik büyüklüklerlerdir, ve sistemler bütünü içinde parametrelerin birbirleri ve fiziksel parametrelerle ilişkilerinin araştırılmasında kullanılırlar. Verileri incelenen cüce novaların bu çalışmada yapılan ölçümlerden elde edilen ortalama ışık eğrisi parametreleri Tablo III-1a,b,c ve 1d'de listelenmiştir. Şunu belirtmek gerekir ki Tablo III-1a,b,c ve 1d'de sunulan veri seti, bu çalışmada anlatılan

ölçüm yöntemi ile böylesine fazla sayıda sistem için bulunmuş ilk değerlerden oluşmaktadır.

Tablo III-1a'da verilen ortalama patlama süreleri (t_b) ve sakin evre süreleri (t_q) taban seviyesinden, çevrim süreleri (t_c) ise patlamaların yaklaşık ortasına karşılık gelen 3. ölçüm seviyesinden bulunmuşlardır. Genlik (A), her bir patlama için patlama tabanındaki bölgesel sakin evre parlaklığı ile patlamada ulaşılan en yüksek parlaklık (m_{max}) değerinden hesaplanmıştır. Ortalama sakin evre parlaklığı (m_q) ise, sistemin taban seviyesinin hemen üzerindeki 2. ölçüm seviyesinden daha sönük olduğu durumları gösteren tüm parlaklık değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur. Patlamaya çıkış ve patlamadan iniş oranları (Δt_{rise} ve Δt_{dec}) taban seviyesinin hemen üzerindeki 2. ölçüm seviyesi ile patlama maksimumunun hemen altındaki 4. ölçüm seviyesi arasında hesaplanmıştır.

Tablo III-1a ve 1b'de hemen dikkati çeken husus, uzun dönemli bir ışık eğrisinin bütünü gözönüne alındığında, parametrelerin çok farklı değerlere ulaşabilmeleri sebebiyle verilerin standart sapmalarının çoğu durumda yüksek çıkmasıdır. Bir örnek vermek gerekirse U Gem'in ortalama sakin evre süresi 105.89 gün iken, bu parametrenin bireysel değerleri 41.63 ile 258.45 gün arasında değişmektedir. Çalışmamızın bu bölümünde, bazı istatistik çalışmalarda yapıldığı gibi saçılmaya sebep olan değerlerin veri setinden uzaklaştırılması yoluna gidilmemiş, yıldızın özelliklerini yansıttığı düşünülerek ışık eğrisi parametreleri tümüyle kullanılmıştır.

Tablo III-1c ve 1d SU UMa tipi cüce novaların süper patlamaları için aynı ışık eğrisi parametrelerini göstermektedir. Fakat bu Tablo'da süper patlamalar arasındaki dönem sakin olmadığı için sakin evre süresi yoktur. Sakin evre parlaklıkları da Tablo III-1a'da verilmiş olduğundan tekrar listelenmemiştir. Süper patlamalar sözkonusu olduğunda saçılmanın daha az olduğu, iniş ve çıkış oranları dışındaki süper patlama parametrelerinin geniş aralıklardaki değerleri almadıkları görülmektedir.

Tablo III-1a. Bu çalışmada ışıık eğrileri incelenen cüce novaların normal patlamalarının patlama sürelerinin, çevrim sürelerinin, sakın evre sürelerinin ve patlama genliklerinin ortalama değerleri. Standart sapmalar (σ) ve ortalama değer hesabında kullanılan parametre sayıları (N) da belirtilmiştir.

Sistem	tb (gün)	σ	N	tc (gün)	σ	N	tq (gün)	σ	N	A (m)	σ	N
AH Her	15.13	3.32	170	19.71	3.67	202	5.05	2.44	154	3.19	0.30	168
AQ Eri	3.44	-	1	-	-	-	-	-	-	1.40	-	1
AT Ara	11.55	3.46	16	96.83	35.94	2	79.08	25.92	3	1.99	0.43	15
AT Onc	7.95	3.09	14	15.87	4.93	11	8.35	7.82	9	2.24	0.28	14
BR Lup	3.84	1.44	2	25.90	4.87	3	21.52	0.55	2	1.43	0.12	3
BV Cen	25.11	5.26	13	159.43	37.00	4	166.61	74.81	3	1.90	0.30	11
BV Pup	8.80	2.01	4	30.20	-	1	-	-	-	1.40	0.40	4
CN Ori	13.03	2.12	69	18.23	2.24	97	5.14	1.88	61	2.09	0.26	70
CU Vel	4.46	1.54	19	74.65	21.14	2	69.40	22.24	2	2.49	0.63	19
CZ Ori	9.09	3.36	27	26.38	4.41	21	16.03	5.07	13	1.92	0.55	23
EK Tra	2.95	0.21	8	167.25	84.71	2	164.16	84.99	2	2.34	0.39	8
FQ Sco	7.00	2.32	8	60.99	7.58	2	55.79	6.75	2	1.16	0.40	7
GK Per	63.60	21.29	7	1098.18	183.00	5	882.67	297.35	7	2.54	0.83	7
HL CMa	10.77	3.40	35	17.05	3.60	57	5.71	1.90	27	2.60	0.36	35
KT Per	8.22	3.03	195	19.49	6.57	174	11.48	5.66	166	2.72	0.38	190
MU Cen	11.31	3.45	30	44.87	14.35	16	32.33	9.35	13	1.82	0.23	26
OY Car	4.70	1.87	11	13.46	4.25	4	9.44	6.07	3	1.84	0.51	11
RU Peg	15.95	4.15	62	76.45	22.40	40	60.43	22.08	37	2.59	0.33	61
RX And	8.64	3.02	226	16.64	6.90	213	8.39	6.15	196	2.99	0.43	219
SS Aur	12.15	3.79	114	51.42	24.77	118	40.79	23.56	85	3.79	0.58	110
SS Cyg	19.63	5.28	626	50.16	14.47	601	30.96	13.80	592	3.33	0.32	626
SW UMa	7.64	3.77	6	29.54	2.34	2	23.79	3.10	2	3.41	0.85	5
TT Crt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TU Men	2.26	0.75	12	4.28	0.98	3	1.93	1.11	3	1.66	0.22	12
TW Vir	5.95	2.21	29	28.08	7.49	12	22.02	6.68	12	1.74	0.31	26
U Gem	17.82	6.85	47	132.32	47.46	36	105.89	43.02	30	5.20	0.267	47
UU Aql	9.20	2.67	14	47.73	23.28	6	34.47	19.23	8	3.34	0.57	14
UY Pup	15.42	2.26	4	84.63	27.44	4	82.16	11.76	3	1.55	0.36	4
UZ Ser	7.57	3.05	20	24.72	5.67	11	16.09	4.46	9	1.38	0.24	19

Tablo III-1a. (devam)

Sistem	tb (gün)	σ	N	tc (gün)	σ	N	tq (gün)	σ	N	A (^m)	σ	N
V436 Cen	3.34	0.60	6	85.37	-	1	80.75	-	1	2.33	0.32	6
V442 Cen	6.64	2.69	88	32.00	8.62	44	25.79	7.43	45	1.53	0.35	88
VW Hyi	4.05	0.90	263	27.78	9.95	268	23.51	9.77	186	3.71	0.49	259
WW Cet	8.98	2.98	28	45.25	12.13	16	35.87	11.96	13	2.81	0.43	24
WX Hyi	2.94	0.65	66	11.16	3.10	34	8.67	3.55	35	1.77	0.32	66
WZ Sge	8.33	2.20	4	-	-	-	-	-	-	2.75	0.65	4
Z Cam	12.86	4.04	214	24.60	5.74	198	12.02	4.53	198	2.68	0.30	212
Z Cha	3.70	1.17	24	17.24	5.02	6	13.44	4.13	7	1.80	0.27	24

Tablo III-1b. Bu çalışmada ışık eğrileri incelenen cüce novaların normal patlamalarının maksimum parlaklıklarının, minimum parlaklıklarının, iniş ve çıkış oranlarının ortalama değerleri. Standart sapmalar (σ) ve ortalama değer hesabında kullanılan parametre sayıları (N) da belirtilmiştir.

Sistem	m _{max} (^m)	σ	N	m _q (^m)	σ	N	Δt_{rise} (gün/ ^m)	σ	N	Δt_{dec} (gün/ ^m)	σ	N
AH Her	11.11	0.26	258	14.03	0.31	5034	1.55	0.74	230	2.01	0.60	234
AQ Eri	12.50	-	1	14.10	0.49	1373	0.70	-	1	1.22	-	1
AT Ara	12.01	0.37	22	13.68	0.35	4792	1.28	1.02	13	3.33	1.49	14
AT Cnc	12.40	0.21	35	14.40	0.38	696	0.70	0.42	23	1.99	0.60	21
BR Lup	13.20	0.16	4	14.81	0.32	276	0.39	0.09	4	1.13	0.61	2
BV Cen	10.98	0.29	20	13.05	0.14	8434	6.68	2.60	8	5.69	1.35	11
BV Pup	12.48	0.52	7	14.27	0.29	1758	0.86	0.55	2	3.76	0.86	4
CN Ori	11.99	0.21	187	14.15	0.25	1575	1.70	0.63	98	2.69	0.85	142
CU Vel	11.22	0.48	20	13.80	0.40	6133	0.46	0.45	19	1.06	0.89	20
CZ Ori	12.09	0.30	53	13.94	0.37	1115	1.12	0.71	28	2.68	1.22	25

Tablo III-1b. (devam)

Sistem	$m_{\max}$ (^{m})	σ	N	m_q (^{m})	σ	N	Δt_{rise} ($\mu\text{in}/^m$)	σ	N	Δt_{dec} ($\mu\text{in}/^m$)	σ	N
EK TrA	11.64	0.49	8	13.79	0.39	5133	0.47	0.24	8	0.70	0.32	8
FQ Sco	12.36	0.39	7	13.54	0.36	5847	0.96	0.12	2	2.35	1.35	2
GK Per	10.50	0.68	11	13.13	0.16	14092	8.92	2.82	6	9.89	2.25	7
HL CMa	11.36	0.25	102	13.99	0.40	542	0.59	0.29	56	1.43	0.65	47
KT Per	11.92	0.28	242	14.43	0.39	4870	0.57	0.30	204	1.48	0.45	197
MU Cen	12.24	0.23	51	14.15	0.22	3324	1.41	0.96	18	3.12	0.99	20
OY Car	12.46	0.22	12	14.38	0.48	3664	0.45	0.31	10	0.77	0.36	10
RU Peg	10.08	0.33	85	12.65	0.14	21646	1.29	1.32	61	3.12	0.89	63
RX And	10.69	0.30	308	13.57	0.33	11394	0.59	0.79	245	1.30	0.53	254
SS Aur	10.88	0.51	172	14.56	0.37	9847	0.59	0.40	126	1.70	0.44	119
SS Cyg	8.47	0.25	671	11.74	0.24	20064	1.04	0.86	607	2.67	0.66	606
SW UMa	11.88	0.96	5	15.11	0.56	3172	0.09	-	1	0.55	-	1
TT CrI	-	-	-	14.36	0.29	426	-	-	-	2.46	1.26	2
TU Men	12.50	0.42	13	14.21	0.47	2774	0.32	0.20	9	0.67	0.50	11
TW Vir	12.00	0.19	53	13.73	0.29	2625	0.41	0.17	28	0.92	0.36	39
U Gem	9.02	0.27	65	14.14	0.33	19627	0.39	0.30	62	1.34	0.28	62
UU Aql	11.20	0.31	27	14.72	0.34	704	0.35	0.17	10	1.04	0.40	14
UY Pup	12.95	0.29	13	14.25	0.30	1493	0.94	0.44	6	4.19	2.31	8
UZ Ser	12.60	0.35	26	13.76	0.29	4088	1.42	0.55	9	2.18	0.48	12
V436 Cen	11.94	0.22	6	14.34	0.38	2446	0.38	0.17	6	0.63	0.38	5
V442 Cen	12.07	0.27	124	13.44	0.33	11584	0.94	0.58	100	2.35	1.12	109
VW Hyi	9.39	0.40	378	13.11	0.38	29159	0.31	0.17	284	0.67	0.17	289
WW Cet	10.94	0.30	38	13.79	0.25	2340	0.59	0.24	23	1.29	0.42	29
WX Hyi	12.26	0.23	87	14.19	0.29	2852	0.47	0.18	50	0.86	0.43	51
WZ Sge	11.97	0.86	4	14.70	0.31	3751	0.56	0.06	4	0.85	0.44	4
Z Cam	10.44	0.25	248	12.97	0.27	10340	0.80	0.49	210	2.86	0.95	200
Z Cha	12.29	0.20	28	14.18	0.45	6553	0.48	0.24	25	0.96	0.43	27

Tablo III-1c. Bu çalışmada verileri incelenen SU UMa tipi cüce novaların süper patlamaları için patlama süresi, çevrim süresi, patlama genlikleri ve patlamada ulaşılan maksimum parlaklık değerlerinin aritmetik ortalamaları, standart sapmaları (σ), ve her parametrenin aritmetik ortalamasının hesabında kullanılan parametre sayısı (N).

Sistem	tb (gün)	σ	N	tc (gün)	σ	N	A (^m)	σ	N	m _{max} (^m)	σ	N
AQ Eri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BR Lup	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CU Vel	16.30	2.91	21	393.32	65.86	18	3.30	0.63	20	10.48	0.41	26
EK TrA	12.96	2.21	10	530.92	70.76	10	2.99	0.37	10	10.95	0.28	17
OY Car	18.07	3.343	9	325.14	33.60	4	3.39	0.67	8	11.35	0.54	12
SW UMa	23.12	4.46	7	352.83	33.92	2	4.99	0.72	7	10.24	0.62	12
TU Men	9.16	0.94	15	202.12	60.85	16	2.37	0.47	14	11.62	0.29	25
V436 Cen	15.31	1.64	5	403.75	50.74	9	3.04	0.55	5	11.06	0.32	16
VW Hyi	16.18	1.29	61	182.50	28.64	82	4.57	0.36	61	8.52	0.22	86
WX Hyi	13.91	1.85	22	179.70	42.99	20	2.75	0.25	22	11.31	0.16	40
WZ Sge	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.80	-	1
Z Cha	13.98	4.85	27	228.71	32.00	28	2.42	0.27	27	11.68	0.25	45

Tablo III-1d. Verileri incelenen cüce novaların süper patlamaları için patlamaya çıkış ve patlamadan iniş oranlarının aritmetik ortalamaları.

Sistem	Δt_{rise} (gün/ ^m)	σ	N	Δt_{dec} (gün/ ^m)	σ	N
AQ Eri	-	-	-	-	-	-
BR Lup	-	-	-	-	-	-
CU Vel	0.51	0.28	20	1.95	1.10	21
EK TrA	0.46	0.26	9	1.42	0.41	11
OY Car	0.59	0.57	8	1.45	0.81	11
SW UMa	0.28	0.02	4	0.86	0.40	8
TU Men	0.44	0.25	15	1.78	0.61	17
V436 Cen	0.34	0.13	4	1.11	0.37	5
VW Hyi	0.31	0.17	68	0.94	0.34	82
WX Hyi	0.55	0.28	22	1.67	0.84	22
WZ Sge	0.49	-	1	-	-	-
Z Cha	0.52	0.37	31	3.15	2.06	29

Işık eğrisi parametrelerinin burada verilen ortalama değerleri evvelce yapılmış çalışmalarda sunulanlarla karşılaştırıldığında, ölçüm seviyesinin seçiminden ve ışık eğrisinin kapsadığı süreden kaynaklanan farklar ortaya çıkmaktadır. Buna rağmen, özellikle üzerinde çok çalışılmış sistemlerde birbirine son derece yakın, hatta bazen aynı ortalama değerler elde edilmiştir. Örneğin SS Cyg'nin ortalama çevrim süresi, derleme veriler kullanmış olan Richter ve Bräuer [51] ve Vogt [60] tarafından sırasıyla 49 ve 50 gün olarak verilmektedir. Bu çalışmada verilen değer ise 50.16 gündür. Halbuki sadece 1000 günlük verileri kullanmış olan Szkody ve Mattei [36], SS Cyg'nin ortalama çevrim süresini 40 gün olarak bulmuşlardır. Bu sistemin ortalama patlama süresi için Vogt [60] ile Szkody ve Mattei [36] 16 günlük bir değer verirken, ortalama değer bu çalışmada 19.63 gün olarak bulunmuştur. AH Her'in ortalama çevrim süresi için Szkody ve Mattei, Richter ve Brauer, ve Vogt sırasıyla 18, 20, ve 20 günlük ortalama değerleri verirlerken, bu çalışmada elde edilen ortalama değer 19.71 gündür ve evvelki araştırmacıların sonuçları ile uyumludur. Fakat patlama süresi sözkonusu olduğunda uyum bozulmaktadır; Szkody ve Mattei ile Vogt bu parametre için 11 günlük bir değer verirken, burada 15.13 gün bulunmuştur. Szkody ve Mattei, Richter ve Brauer, ve Vogt arasında parametrelerin bazen aynı olan ortalama değerleri, özellikle son iki çalışmada bazı yıldızların ortalama ışık eğrisi parametrelerinin ilk çalışmadan alınmasından kaynaklanmaktadır.

Patlamaya çıkış ve patlamadan iniş oranlarına bakıldığında, çıkış oranının iniş oranından daha küçük, yani çıkış kollarının daha dik olduğu anlaşılmaktadır.

Cüce novaların ortalama ışık eğrisi parametrelerine alt guruplar bazında göz atılırsa, en uzun süren patlamalara sahip, çevrim ve sakin evre süreleri en uzun olan sistemlerin U Gem sistemleri oldukları anlaşılır (Tablo III-2). Bu değerlendirmede SU UMa sistemlerinin süper patlamaları hariç tutulmuştur. İniş ve çıkış oranları en yüksek olan sistemler de yine U Gem sistemleridir. Ortalama patlama süreleri U Gem sistemlerinininkine yakın olduğu halde, Z Cam sistemleri en sık patlama gösteren cüce nova sınıfıdır. Yani aslında bunların sakin evre süreleri diğer sistemlere göre kısa sürmektedir. Kütle transfer oranları U Gem ve SU UMa sistemlerine kıyasla daha

Tablo III-2. Cüce novaların alt guruplar bazında ortalama ışık eğrisi parametreleri. U Gem sistemlerinin çıkış ve iniş oranlarının ortalaması hesaplanırken BV Cen, SU UMa sistemlerinin süper patlamalarının ortalama çevrim süresi hesaplanırken de EK TrA hariç tutulmuştur. NP harfleri, SU UMa sistemleri için, normal patlamaları, SP harfleri ise süper patlamaları göstermektedir.

Grup	tb (gün)	tc (gün)	tq (gün)	Δt_{dec} (gün ^m)	Δt_{rise} (gün ^m)	m_{max} (^m)	m_{min} (^m)	A (^m)
U Gem	12.48	55.54	38.73	2.30	0.96	11.24	13.72	2.46
Z Cam	10.36	22.73	12.41	1.76	0.77	11.27	13.88	2.75
SU UMa (NP)	4.09	25.45	21.59	0.78	0.38	11.70	14.23	2.38
SU UMa (SP)	15.46	300.29	-	1.65	0.46	10.77	14.23	3.47

yüksek olan [18] [12] Z Cam sistemleri için bu durum disk kararsızlığı modelinden beklenir. Zaten Z Cam sistemleri novalar ve nova benzeri yıldızlarla cüce novalar arasındaki bir geçişin temsilcileridirler [18]. SU UMa sistemlerinin süper patlamaları ise, gerek patlama ve çevrim süresi, gerekse patlama genliği açısından diğer sistemlerin normal patlamalarından belirgin şekilde yüksek değerlere sahiptirler. Süper patlamaların iniş ve çıkış oranları ise, U Gem ve Z Cam sistemlerine göre daha düşüktür. Bu sistemlerin normal patlamalarının iniş ve çıkış oranları tüm sistemler içinde en düşük ortalama değerleri alırlarken, genlikleri gene küçük olmasına rağmen U Gem sistemlerinininkine çok yakındır.

III-2. Frekans Dağılımları

Cüce novaların ışık eğrisi parametrelerinin her sistem için frekans dağılımları, incelenen parametrenin üretilmesinden sorumlu sistem bileşenlerinin patlamalar sırasında ve arasındaki durumunun anlaşılmasına yardımcı olabilecek ipuçları verebilirler. Şimdiye kadar yapılan frekans dağılımı analizlerinde çoğu cüce novanın özellikle patlama sürelerinin iki modlu frekans dağılımlarına dikkat çekilmiştir (örneğin, [29]). Buradan anlaşılmaktadır ki cüce nova patlamaları her sistem için uzun ve kısa patlamalar şeklinde iki guruba ayrılabilirler. Ancak sınırlı süreleri kapsayan verilerle çalışıldığı hallerde sonuçlar çoğu zaman tatmin edici olamamıştır. En iyi çalışılan cüce novaların sakin evre süreleri ve çevrim süreleri ise tek modlu frekans dağılımları göstermektedirler (örneğin, [31]). Bu çalışmada ışık eğrileri incelenen cüce novaların ışık eğrisi parametrelerinin frekans analizleri de yapılmıştır.

III-2.1. Patlama sürelerinin frekans dağılımları

Çalışmamızda uzun dönemli görsel ışık eğrileri incelenen cüce novalar içinde, yeterli sayıda patlaması elde edilebilenlerin patlama süresi frekans dağılımları EK-1’de verilmiştir. U Gem ve Z Cam tipi sistemlere bakıldığında, patlama sürelerinin BV Cen, MU Cen ve CN Ori dışındaki sistemler için iki modlu olduğunu görüyoruz. Hatta AH Her’in frekans dağılımında, uzun patlamaların ötesinde üçüncü bir mod vardır. SS Cyg’nin burada sunulan frekans dağılımı Cannizzo ve Mattei’nin [31] vermiş olduğu dağılım ile aynıdır. Patlama sürelerinin frekans dağılımları elde edilebilen SU UMa sistemlerinde ise hem normal hem de süper patlamala sürelerinin frekans dağılımları tek modludur.

Örneğimizdeki yıldızlardan CZ Ori, RX And, AH Her ve CN Ori’nin patlama genişliklerinin çift modlu frekans dağılımı göstermediğini işaret eden Szkody ve Mattei’nin [36] bu tespiti, CN Ori hariç çalışmamızdaki bulgularla tamamen zıttır. Farklılık, Szkody ve Mattei’nin her yıldız için 1000 günlük verileri incelemiş olmaları sonucu elde edebildikleri patlama sayılarının az olmasından kaynaklanmaktadır.

Öyleyse patlama sürelerinin iki modlu frekans dağılımı, van Paradijs’in [48] düşüncesinin aksine, cüce novalar için genel bir özellik olamaz. Zira çalışmamızda incelenen en az üç sistem için bu fikri çürüten gözlemsel bulgular vardır.

Smak’ın 1980’li yılların başlarında disk kararsızlığı modeline yapmış olduğu katkılar ve yenilikler bugün de kabul görmektedir. Smak [20] (ayrıca Bkz., [65] ve [66]) patlamaları Tip-A ve Tip-B olarak ikiye ayırır: Tip-A patlamaları diskin dış kısımlarında, Tip-B patlamaları ise iç kısımlarında başlar. Tip-A patlamaları bileşen yıldızdan taşınan materyalin diskin dış kısımlarında birikmesi sonucu meydana gelirler; oldukça düzenli, periyodik olaylardır. Tip-A patlamaları Tip-B patlamalarına göre daha uzun sürerler ve nispeten daha yüksek genliklidirler. Bir cüce novanın patlama sürelerinin frekans dağılımında uzun patlamaların yığıldığı bölgeden Tip-A patlamaları sorumludurlar. Tip-B patlamaları ise diskin iç kısımlarındaki yüzey yoğunluğu dağılımının bir sonucu olarak meydana gelir, disk boyunca içeri ve dışarı doğru hareket eden ısınma cepheleri yaratırlar. Ancak diskin o andaki durumu, bu tip bir patlamada

doğurulan ısınma cephesinin diskin dışına kadar gitmesine izin vermeyebilir. Yani Tip-B patlamasında diski kısmen kuşatan bir patlama sözkonusudur. Bu sebeple Tip-B patlamaları Tip-A patlamalarına göre daha düşük genlikli ve daha kısa sürelidirler. Bir patlamanın karakteri kararsızlığın başladığı andaki disk yüzey yoğunluğu dağılımına bağlıdır; önceki patlamaların miras bırakmış olduğu disk yapısı sonraki patlamaların karakterlerinin belirlenmesinde önemli rol oynar. Bu durum özellikle Tip-B patlamalarında ciddi bir şekilde kendisini gösterir. Her ne kadar çalışmamızın konusu değilse de, bir cüce novanın patlamaları tek tek ele alınarak mukayese edildikleri zaman aralarındaki yapısal farklılıklar hemen göze çarpar: patlamalar aynı cüce nova için süre, maksimum civarındaki eğim, iniş ve çıkış oranları bakımından birbirlerinden ayrılırlar. Gerçekten de ardıl patlamalar arasında birbirini yapısal anlamda tam olarak taklit edenler yoktur.

Smak'ın Tip-A ve Tip-B patlaması ayrımı patlama sürelerinin iki modlu dağılımını açıklamakta, fakat tek modlu dağılım gösteren sistemlere bir açıklama getirememektedir. Tek tip patlama gösteren sistemlerde patlamaların diskin iç kısmında mı yoksa dış kısmında mı başladıklarının anlaşılması ancak ayrıntılı gözlemlerle mümkün olabilir. Bu durumda yorumumuz şudur: Patlama sürelerinin frekans dağılımı tek modlu olan cüce novalarda, patlamalar diskin ya sadece dış bölgelerinde ya da sadece iç bölgelerinde başlarlar. Tablo II-2'ye bakıldığında BV Cen ve MU Cen'in nispeten uzun yörünge periyotlu sistemler oldukları (sırasıyla 14.64 ve 8.21 saat) görülmektedir ki, yörünge periyodu uzadıkça kütle transfer oranları da yükseleceğinden [7] bu ayrıntı önemli olabilir.

İki modlu patlama süresi frekans dağılımı sergileyen cüce novaların patlamalarını frekans dağılımlarına dayanarak “uzun” ve “kısa” patlamalar şeklinde ayırmak mümkündür. Bu ayırım patlama sürelerinin frekans dağılımındaki pikler arasında bulunan minimum frekans noktasından yararlanılarak yapılmış, ve sonuçlar Tablo III-3'de verilmiştir.

Tablo III-3. Örneğimizdeki sistemler içinde patlama genişliklerinin frekans dağılımı iki modlu olan cüce novaların patlama süreleri, taban seviyesindeki frekans dağılımlarına dayanılarak uzun-kısa patlamalar şeklinde ayrılmıştır. Tek istisna WW Cet'tir. Bu yıldızın taban seviyesinden ölçülen patlama sürelerinin frekans dağılımındaki minimum frekansa karşılık gelen patlama süresi (sınır süre) 3. ölçüm seviyesinden alınmış, uzun ve kısa patlama süreleri taban seviyesinden hesaplanmıştır. Sistemler harf sırasına göre dizilmişlerdir. N harfi patlama sayısını, σ verilerin standart sapmasını göstermektedir. u indisi uzun patlamaları, k indisi ise kısa patlamaları temsil eder.

Sistem	Sınır süre (gün)	t_{b_u} (gün)	σ_u	N_u	t_{b_k} (gün)	σ_k	N_k
AH Her	14.00	17.18	2.04	108	11.54	1.64	62
AT Ara	13.00	15.09	1.72	7	8.80	0.82	9
AT Cnc	9.00	11.62	1.00	5	5.91	1.38	9
CZ Ori	9.00	12.33	1.84	12	6.50	1.47	15
HL CMa	11.5	15.38	2.46	10	8.92	1.30	25
KT Per	9.00	11.66	1.62	74	6.12	1.23	121
RU Peg	14.00	18.28	3.20	40	11.73	1.41	22
RX And	9.50	12.67	2.40	66	6.98	1.05	160
SS Aur	13.50	16.39	2.02	42	9.67	1.92	72
SS Cyg	18.50	23.54	3.46	352	14.60	1.83	274
TW Vir	8.50	10.08	1.07	5	5.09	1.13	24
U Gem	15.00	21.61	5.60	30	11.12	1.77	17
UU Aql	8.50	10.92	1.24	9	6.10	1.17	5
UZ Ser	8.50	10.98	1.63	7	5.74	1.73	13
V442 Cen	7.00	9.64	1.32	35	4.66	0.94	53
WW Cet	7.50	12.26	1.16	9	7.40	2.29	17
Z Cam	15.00	18.44	2.42	60	10.69	1.87	154

III-2.2. Çevrim sürelerinin frekans dağılımları

Bir cüce nova için çevrim süresi, patlama süresi ve sakın evre süresini içeren ışıık eğrisi parametresidir. Bundan dolayı sistemin patlama evresi ile sonraki patlamaya hazırlık (ya da bir patlamanın ardından disk için yeniden düzenlenme) aşamalarını kapsar. Çevrim sürelerinin frekans dağılımları söz konusu olduğunda şu fikir doğabilir: Eğer iki modlu patlama süresi frekans dağılımı gösteren bir cüce novanın sakın evre süreleri patlama süreleri ile ilişkili ise, çevrim sürelerinin frekans dağılımları da iki modlu olur. Üstelik böyle bir sistem için sakın evre sürelerinin frekans dağılımı da çift modlu çıkar. Fakat dile getirilen görüşün yüksek saçılma ile elde edilebilen frekans dağılımları üzerinden kontrolü çok zor bir iştir. Buna rağmen EK-2'den de görülebileceği gibi HL CMa'nın çevrim sürelerinin frekans dağılımı iki modludur; ayrıca Z Cam ve KT Per'inkiler sağa çarpık iken, RX And, V442 Cen ve SS Aur'da ikinci mod kısmen de olsa farkedilebilmektedir. Sağa çarpık olan çevrim süresi frekans dağılımlarına sahip yıldızların patlama süresi frekans dağılımlarının sağ tarafında daha

az sayıda olan uzun patlamalar vardır. Bu noktada, adı geçen yıldızların patlama sayılarının diğerlerine nispeten fazla olduğuna da dikkat edilmelidir. Fakat, modellerde öngörüldüğü şekilde sakın evre süresi patlama süresine bağlı bile olsa, çevrim sürelerinin çarpıklıklarına kuşkuyla bakılabilecek frekans dağılımlarını herhangi bir modele atfetmek mümkün değildir. Çünkü patlama süresini içermesi sebebiyle patlama sürelerini taklit edebileceklerinden, çevrim süreleri ile yapılan bu tür bir analiz yanıltıcı sonuçlar verebilir. Modeller frekans dağılımları yoluyla kabaca sınanmaya çalışıldığında, sakın evre seviyesinden ölçülen sakın evre sürelerinin frekans dağılımları daha güvenilir büyüklüklerdir. Bu parametre patlama süresini ihtiva etmediğinden, eğer patlama süresi ile ilişkili ise frekans dağılımı da patlama süreleri ile ilgili frekans dağılımlarına benzer sonuçlar vermelidir.

III-2.3. Sakın evre sürelerinin frekans dağılımları

Sakin evre süresi, kabul edilen modele bağlı olarak bir cüce novanın patlamaya hazırlık veya patlamadan sonraki yeniden düzenlenme dönemini temsil eder. Öyleyse, cüce nova patlama modelleri çerçevesinde, patlama sürelerinin çift modlu frekans dağılımını gösteren sistemlerin, sakın evre sürelerinin de çift modlu frekans dağılımları vermeleri beklenir. Ancak sakın evre sürelerinin sakın evre düzeyinden ölçülmeleri gerekmekte, bu seviyede yapılan ölçümlerde hata oranı yüksek, elde edilebilen sakın evre süresi sayısı ise az olmaktadır (EK-3).

SS Cyg'nin sakın evre sürelerinin frekans dağılımı hafifçe sağa çarpık iken, dağılım üzerinde üç ana yığılma bölgesi göze çarpmaktadır ki bu durum en azından çarpıklık bağlamında beklentilerimize uygundur. SS Aur'un sakın evre sürelerinin frekans dağılımında uzun tarafa doğru bir artış görülmektedir. AH Her ise patlama sürelerinde görülen üçüncü mod da dahil, ana yığılma bölgelerini ayırt etmemizi sağlayacak bir sakın evre dağılımı vermektedir. HL CMa'nın sakın evre sürelerinin frekans dağılımı, sayının yetersizliği sebebiyle olsa gerek, pek güvenli bir çıkarım yapmamıza izin vermez. Dağılım Z Cam, KT Per ve RX And için tıpkı çevrim sürelerinde olduğu gibi sağa çarpıktır. SU UMa sistemlerinden veri sayılarındaki yetersizlik sebebiyle sadece VW Hyi için sakın evre sürelerinin normal bir dağılım

gösterdikleri söylenebilir. Tek modlu patlama süresi frekans dağılımı gösteren CN Ori'nin çevrim sürelerinin ve sakın evre sürelerinin frekans dağılımları da tek modludur.

Görüldüğü gibi sakın evre süreleri genelde model beklentilerini çağrıştıracak frekans dağılımları vermektedirler. Fakat frekans dağılımlarının incelenmesi ile iki model arasında bir seçim yapılamadığı gibi, net bir ilişkiden bahsetmek de mümkün değildir. Sakın evre sürelerinin frekans dağılımları net şekilde iki modlu çıkmış olsalardı dahi, bir patlamanın süresinin patlamadan önceki veya sonraki sakın evre süresi ile ilişkili olup olmadığı bu yöntemle bulunamazdı. Her ne kadar çalışmamızın bu aşamasında bir başlangıç olarak disk modellerine atıflar yapılmışsa da, hem disk kararsızlığı modelinin ve hem de kütle transferi kararsızlığı modelinin istatistik beklentilerini ifade eden temel öngörülerin en güvenilir sınanma alanı korelasyon analizleridir.

III-2.4. Çıkış ve iniş oranlarının frekans dağılımları

Çıkış ve İniş oranlarının frekans dağılımları genelde oldukça geniş aralıklardaki değerlere yayılmışlardır. Özellikle fazla sayıda parametrenin ölçülebildiği sistemler için normal dağılımlar görülür. Bununla birlikte, HL CMA'nın patlamadan iniş oranı ve RX And'ın patlamaya çıkış oranları iki modlu frekans dağılımları gösterirler. Korelasyon analizleri kısmında görüleceği üzere, HL CMA'nın iniş oranı ve RX And'ın çıkış oranı, patlama süreleri ile anlam sınırına çok yakın (HL CMA için) ve üzerinde (RX And için) lineer korelasyon katsayıları vermektedirler. Öyleyse tek tek patlamalar gözönüne alındığında, iki sistem için bunların patlama süreleri ile doğrudan ilişkileri vardır (Bkz. Bölüm III-3), ve frekans dağılımları da bu ilişkileri onaylamaktadır.

III-3. Korelasyon Analizleri

Cüce novaların ışık eğrisi parametrelerinin kendi aralarındaki korelasyonları ve sistem bileşenlerine ait fiziksel parametreler ile ilişkilerinin araştırılması, disk yapısını patlamalarla ilişkilendiren kuramların sınanması ve bunlara yeni gözlemsel bulguların

arzedilmesi bakımından önemlidir. Bu çalışmadaki ölçüm sonuçlarına ve derleme verilere dayanarak böyle korelasyon analizleri yapılmış ve sonuçlar aşağıda sunulmuştur. Bu bölümdeki araştırmalarda, korelasyona giren veri çiftlerinin sayısı 20 ve üzerinde olduğu takdirde inceleme yapılmış, aksi takdirde böyle örnekler değerlendirmeye alınmamıştır.

III-3.1. Işık eğrisi parametrelerinin her sistem için birbirleri ile ilişkileri

Bölüm II-2.3’de ifade edilen değerlendirmeler ve kriterler çerçevesinde, veri sayısı yeterli olan her sistem için, ışık eğrisi parametrelerinin kendi aralarındaki ilişkilerin düzeylerini gösteren lineer korelasyon katsayıları Tablo III-4’de listelenmiştir. Tablo III-5 ise SU UMa yıldızlarının süper patlamaları için aynı şartlar altında lineer korelasyon katsayılarını göstermektedir. Birbirini tamamen ya da kısmen içeren parametreler arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları verilmemiştir. Örneğin, $tc_{i-1}:tq_{i-1}$, $tc_{i-1}^*:tq_{i-1}$, $tc_i:tq_i$, $tc_i:tb_i$, $tc_{i-1}^*:tb_i$ korelasyonları bu tablolarda yoktur.

Patlama şiddetinin göstergeleri olan patlama süresi ve maksimum parlaklığın sayısal değerleri arasında, süresi arttıkça patlamanın daha parlak olması yönünde bir korelasyon olması beklenen bir durumdur. Buna rağmen üç cüce novada (CN Ori, VW Hyi ve her ne kadar anlam sınırına yakın olsa da diğerlerine kıyasla WX Hyi) bu ilişki bulunamamıştır. Fakat önceki bölümde bahsedildiği gibi her üç sistem de iki modlu patlama süresi dağılımı göstermez ve bu sebeple t_b ile m_{max} arasında bir ilişki beklenemez. Tablo III-4’deki sonuçlar da bunu doğrulamaktadır.

$t_b:t_{b+i}$ ilişkisi uzun ve kısa patlamaların birbirini takip etme eğilimini gösterir. Buna göre; SS Cyg, U Gem ve V442 Cen’in ışık eğrilerinde bir uzun patlamanın ardından kısa patlamanın gelmesi ihtimali, uzun patlamanın gelmesi ihtimalinden daha fazladır. Korelasyonun katsayısı SS Cyg için Cannizzo ve Mattei [31] tarafından -0.40 olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayıları nispeten düşük olmasına rağmen, AH Her ve KT Per için de diğerlerinin korelasyon katsayılarına kıyasla aynı bulgudan bahsedilebilir. Yani eğer uzun patlamaları “U” ve kısa patlamaları da “K” harfleri ile gösterirsek, patlamalar U-K-U-K-U-K... sırası ile meydana gelme eğilimindedirler.

Bununla beraber adı geçen yıldızların ışık eğrilerine bakıldığında uzun ve kısa patlamaların ayrık guruplar halinde bulunabildikleri de görülmektedir. Diğer yıldızlarda böyle bir eğilimin bulunmadığı açıktır. Kuşkusuz eğer diskin iç kısımlarında başlayan bir kısa patlama sırasında diskin dış bölgelerine transfer edilen madde miktarı, bileşen yıldızdan diske akan madde ile birlikte dış bölgelerde bir uzun patlamanın tetiklenmesini sağlayamıyorsa, sonraki patlama da kısa bir patlama olur. Bu sebeple ışık eğrisinde birbirini takip eden kısa patlamalar bulunması disk kararsızlığı modeli çerçevesinde beklenebilir. Birbirini takip eden uzun patlamaların oluşturdukları guruplar için ise modelin zorlanması gerekmektedir. Bu durum, kısa patlamalar sırasında disk dışında biriken materyalin artmış madde transferi tarafından sürekli desteklenmesi ile açıklanabilir. Fakat bu görüşün kabulü madde transfer oranının böyle durumlarda artış göstermesi ile mümkün görünmektedir ki disk kararsızlığı modelinin dışına çıkmış olunur. Aslında Bölüm I-2'den de hatırlanacağı üzere, Z Cam sistemlerinin duraksamalarının açıklanması gibi, disk kararsızlığı modelinin tek başına tatmin edici olamadığı durumlarda kütle transferi değişimlerine başvurulabilmektedir.

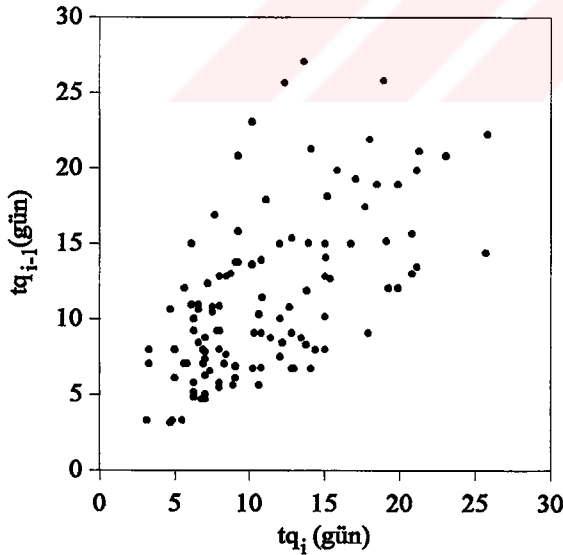
Sakin evre süresi ile patlama süresi arasındaki korelasyonlarda (Kütle transferi kararsızlığı modelinden beklenen $t_{b_i};t_{q_i}$ ve disk kararsızlığı modelinden beklenen $t_{b_i};t_{q_{i-1}}$) şu ilginç manzara ortaya çıkmaktadır: Disk kararsızlığı modelini destekler nitelikteki $t_{b_i};t_{q_{i-1}}$ pozitif korelasyonu sadece iki yıldızda (U Gem ve VW Hyi) elde edilebilirken, SS Aur hariç diğer yıldızların hiçbirinde patlama süresi ile patlamadan önceki veya sonraki sakın evre süreleri arasında korelasyon yoktur. Üstelik uzun-kısa patlama ayrımı göstermeyen VW Hyi'nin nasıl olup ta $t_{b_i};t_{q_{i-1}}$ ilişkisini sergilediği açık değildir. SS Aur ise hem $t_{b_i};t_{q_i}$ ve hem de $t_{b_i};t_{q_{i-1}}$ korelasyonlarını vermektedir. VW Hyi gibi SU UMa sınıfının bir üyesi olan WX Hyi ise süper patlamalarda negatif $t_{b_i};t_{q_i}$ korelasyonu vermektedir. Szkody ve Mattei [36], RX And için $t_{b_i};t_{q_{i-1}}$ ilişkisinin pozitif korelasyonu, SY Cnc için aynı ilişkinin negatif korelasyonu, CN Ori için ise $t_{b_i};t_{q_i}$ ilişkisinin negatif korelasyonu iddiasında bulunmuşlardır. Gieger [50] de CN Ori ve CZ Ori için $t_{b_i};t_{q_i}$ pozitif korelasyonunun varlığını bildirmektedir. CN Ori için yukarıdaki iki çalışmada korelasyonların yönlerinin farklı olması çok manidar bir durumken, uzun-kısa patlama ayrımı göstermeyen bu yıldız için nasıl olup ta korelasyonlar elde

edilebildiği şaşırtıcıdır. Kuşkusuz çok daha fazla verinin kullanıldığı bir çalışma daha inandırıcı sonuçlar verir. Bir tek patlama modelinin patlamalar üzerindeki hakimiyetinin kabulü halinde birbiri ile çelişkili görünen bu gözlemsel sonuçların değerlendirilmesi, ancak modellerin disk üzerindeki hakimiyetlerinin zaman zaman el değiştirmesinin ya da çoğunlukla ortak işlemlerinin kabulü, veya disk kararsızlığı modelinin tanımlanmasında kullanılan parametrelerin (viskozite sabiti α veya disk yarıçapı r_d gibi) zamana bağlı değişimleri ile mümkündür. Patlamalar yıkıcı olmasalar da disk yapısını değiştirdiklerinden, viskozite sabiti veya disk yarıçapı gibi parametrelerin oldukça kısa zaman ölçeklerinde değişimleri pekala mümkündür. Üstelik, ışık eğrisi parametreleri özellikle viskozite sabitinin değişimlerine hassastırlar [67]. Bu durumda kullanılan “sabit” kavramının da bir anlamı kalmamaktadır, zira α sadece kısa zaman ölçeklerinde sabit varsayılabilir. Değişimlerden bahsedildiği zaman kütle transfer oranının uzun zaman ölçeklerindeki değişiminin de araştırılması gereği ortaya çıkar ki, bunun gözlemsel sınanması ilerleyen bölümlerde ele alınacak olan O-C eğrileri, Fourier analizleri veya uzun dönemli hareketli ortalamalar yöntemi ile yapılabilir.

Çıkış ve iniş oranlarının patlama süresi ile korelasyon halinde olduğu sadece iki yıldız vardır: HL CMA’nın patlama süreleri diğer yıldızların lineer korelasyon katsayıları ile mukayese edildiğinde; HL CMA’nın ve RX And’ın patlama süreleri, sırasıyla iniş ve çıkış oranları ile pozitif korelasyon halindedirler. HL CMA’nın iniş oranının, RX And’ın ise çıkış oranının frekans dağılımlarının iki modlu durumu buradaki bulgular ile uyumludur. Bununla birlikte öyle görünmektedir ki, cüce novalar için bireysel olarak genel anlamda patlama süresinin iniş veya çıkış oranı veya her ikisi ile korelasyonundan bahsedilemez. Halbuki Szkody ve Mattei [36] sınırlı verilerden hareketle örneğimizdeki sistemlerden CZ Ori ve AH Her için, örneğimizde bulunmayan sistemlerden de X Leo, EM Cyg, YZ Cnc, AY Lyr ve SU UMa için kuvvetli $t_{bi} : \Delta t_{dec,i}$ korelasyonlarının varlığı iddiasında bulunmuşlardır. Szkody ve Mattei’nin bu ilişki için verdikleri lineer korelasyon katsayıları CZ Ori’de +0.52 ve AH Her’de +0.74’dür. Bu çalışmada, daha geniş bir ışık eğrisi parçasından elde edilen parametrelerin kullanılmasıyla CZ Ori ve AH Her, ve diğer pek çok sistem için böyle korelasyonların var olmadığı açıkça ortaya konulmuştur. Sadece bir tek yıldız için (CN Ori) $t_{q1} : \Delta t_{rise,i}$

ilişkisi vardır. Disk kararsızlığı modeli düşünüldüğünde bu ilişki önemli bir bulgu olarak karşımıza çıkar. CN Ori için $tq_{i-1} : \Delta t_{rise,i}$ ilişkisi, patlamadan önceki sakın evre boyunca diskin ulaşmış olduğu durumun, patlamaya çıkış kolunu etkilediğini göstermektedir. Bununla birlikte diğer sistemler için böyle bir korelasyon yoktur, ve korelasyon analizlerinden ne disk kararsızlığı modeli ne de kütle transferi kararsızlığı modelini tek başına destekler nitelikteki sonuçlar elde edilebilmiştir.

CN Ori, KT Per, SS Aur, SS Cyg, Z Cam ve muhtemelen VW Hyi için $tq_i : tq_{i-1}$ pozitif korelasyonu vardır (Şekil III-1). Fakat uzun-kısa sakın evre süreleri patlama süreleri ile ilişkili değildirler. Bu korelasyon sakın evre sürelerinin kısa dönemler içinde çok değişmediklerinin bir göstergesi olarak alınabileceğinden, ve sakın evre süresi esasen kütle transfer oranına bağlı olduğundan [71], kütle transfer miktarının da patlamaların aralarındaki sürelerle karşılaştırılabilecek kadar kısa dönemlerde önemli miktarda değişmediği söylenebilir. Bu bulgu kütle transferi kararsızlığı modelinin, patlamaların kütle transfer oranındaki ani artışlara dayandırıldığı temel varsayımını çürütmektedir.



Şekil III-1. KT Per için patlamadan sonraki sakın evre süresi ile önceki sakın evre süresi arasında açık bir korelasyon vardır. Bu korelasyon kütle transfer oranlarının, patlamaların tekrarlama süreleri ile mukayese edilebilecek kadar kısa dönemler içinde değişmediğinin bir göstergesi olarak alınabilir. Fakat kuşkusuz bu korelasyon elimizdeki sistemlerden sadece altısı için vardır ve bir genelleme yapmak mümkün değildir.

Tek tek yıldızların ışık eğrisi parametrelerinin korelasyon analizlerinden anlaşılmaktadır ki, patlama modellerinin cüce novalar üzerinde tek başlarına mutlak hakimiyetlerinden bahsetmek çok zordur. Bazı sistemler disk kararsızlığı modelini destekler nitelikte korelasyonlar verirlerken, çoğu cüce novada hiçbir model açıkça desteklenmemiştir.

III-3.2. Ortalama ışıık eğrisi parametrelerinin birbirleri ile ilişkileri

Işıık eğrisi parametrelerinin, sistemlerin ortalama ışıık eğrisi parametreleri temel alınarak birbirleri ile genel anlamda ilişkileri olup olmadığına da bakılabilir. Bu tür araştırmalar daha önce yapılmıştır [36] [50]. Nitelik ve nicelik yönünden önceki çalışmaları aşan veriler kullanıldığı iddiası ile aynı tür korelasyon analizleri burada da tekrarlanmıştır. Fakat önceki çalışmalarda düşülen hata burada tekrarlanmamış, patlama süresi ve sakin evre süresini içermesi sebebiyle çevrim süresinin diğer ışıık eğrisi parametreleri ile korelasyonlarına değinilmemiştir. Bununla birlikte çevrim süresi, çok uzun dönemlerde alınan ortalama değeri ile patlamaların tekrarlama sıklığındaki değışimin bir göstergesi olarak kullanılabilir bir parametredir.

Sadece bu çalışmada sunulan verilerin kullanılmasıyla oluşturulan Tablo III-6'ya bakıldığında, ışıık eğrisi parametrelerinin bazıları arasında anlamlı korelasyonların varlığı dikkati çekmektedir. Buna göre;

(1) Patlama süresi (t_b) ile iniş oranı (Δt_{dec}) arasında oldukça kuvvetli, aynı parametre ile çıkış oranı (Δt_{rise}) arasında ise belirgin pozitif korelasyonlar vardır. Bu korelasyonlara dayanılarak söylenebilir ki, patlama süresi uzun olan sistemlerde patlamaya çıkış ve patlamadan iniş kollarının eğimleri daha azdır. Patlama süresinin uzunluğu, esas olarak ısınma cephesinin yayıldığı disk bölgesinin genişliğinin fazla olması anlamına gelir ki, bu durumda ısınma ve soğuma cephelerinin sırasıyla patlamaya çıkış ve patlamadan iniş kollarını oluşturdıkları süreçte daha geniş bölgelere daha uzun sürelerde yayılmaları beklenebilir. Szkody ve Mattei [36] t_b : Δt_{dec} ve t_b : Δt_{rise} ilişkileri için sırasıyla +0.90 ve +0.62'lik lineer korelasyon katsayıları bulmuşlardır.

(2) Patlama süresi (t_b) ile patlamada ulaşılan maksimum görünür parlaklık (m_{max}) arasında negatif bir korelasyon vardır. Patlama süresi uzun olan sistemler, patlama maksimumunda daha parlak olmaktadır. Fakat burada şu noktayı atlamamak gerekir: korelasyon analizinde görünür parlaklık kullanılmaktadır. Uzaklığa ve görüş doğrultusundaki absorpsiyon miktarına bağılı olan, sistemin eğim açısından önemli miktarda etkilenebilen, bileşen yıldız ve sıcak lekeden katkılar içeren görünür maksimum parlaklık ile patlama süresi arasında nispeten zayıf ($r = -0.47$) bile olsa nasıl

olur da bir ilişki bulunur? Bu sorunun cevabı, sistem uzaklıklarının kaba limitler içinde birbirine yakın olması, bileşen yıldız ve sıcak leke katkılarının patlama evresinde çok az olması, ve eğim açısının yaklaşık 60 dereceden daha küçük değerlerinde görünür parlaklığın fazla etkilenmemesidir [68]. Sistemin herhangi bir evresindeki parlaklığının gerçek ölçüsü elbette mutlak parlaklıktır ($M_{\min}$ ve $M_{\max}$). Ancak bir cüce novanın mutlak parlaklık hesabı, uzaklık, görüş doğrultusundaki absorpsiyon miktarı, eğim açısı, bileşen yıldız ve sıcak leke katkıları bilgilerinin elde olması halinde yapılabilir. Halbuki bunların bir kısmı bile çok az sistem için bilinmektedir. Warner [68], bu konuda halen başvurulana ve ayrıntılı bilgiler veren bir çalışma yapmıştır. Warner'in çalışmasında çevrim sürelerini de içeren korelasyon analizleri vardır. Fakat eğer elimizdeki ortalama $m_{\min}$ ve $m_{\max}$ değerlerinden hareketle, Warner'in metodu kullanılarak mutlak parlaklıklar hesaplanırsa hem çok az sayıda sistem için sonuç alınabilir, hem de korelasyon analizlerinin sonuçları Warner'inkiler gibi kuvvetli korelasyon katsayıları vermez. Bunun iki sebebi vardır: (1) Warner her sistem için $m_{\max}$ ve $m_{\min}$ değerlerini, sırasıyla sistemin bilinen en parlak ve en sönük gözlemleri olarak almıştır. Halbuki burada ortalama değerler kullanılmaktadır, ve (2) Çok ilginçtir ki Warner [68], SU UMa sistemlerinin tc değerini süper patlamaların çevrim süresi olarak almıştır. SU UMa sistemlerinin en parlak halleri süper patlamalara karşılık geldiğinden $m_{\max}$ için süper patlamaların maksimum parlaklıklarının alınması kabul edilebilir. Ama $m_{\min}$ için neden normal patlamaların çevrim sürelerinin kullanılmadığı açık değildir. Warner bu ele alış tarzı ile $tc:M_{\min}$, $tc:M_{\max}$, $tc:M_{\text{ort}}$ ve $P:M_{\max}$ ilişkilerini ortaya koymuştur. Burada P sistemin yörünge periyodunu, M_{ort} ise sistemin ortalama mutlak parlaklığını temsil eder. Warner'in bulduğu $P:M_{\max}$ ilişkisi disk kararsızlığı modeli çerçevesinde Cannizzo tarafından kuramsal yolla da elde edilmiştir [69]. Mutlak parlaklıkları da kullanarak sistem sayısını arttırmak için, literatürde yayınlanmış ışık eğrisi parametrelerini derlemek yoluyla daha geniş bir veri seti elde edilebilir. Böylece diğer korelasyon analizleri de daha geniş bir veri seti üzerinden, bazı dezavantajlarına rağmen yapılabilir. Bu konuya ileride dönülecektir.

(3) $tb:m_{\min}$ zayıf korelasyonu daha önceki çalışmalarda verilmemiştir. Buna göre sakin evrede daha parlak olan cüce novaların patlamaları daha uzun sürmektedir. Ancak görünür parlaklık yukarıda söylenen parametrelere bağlıdır, üstelik sakin evre

parlaklığına bileşen yıldız ve sıcak lekenin bileşik katkısı, disk katkısından fazladır [31]. Bu sebeple $t_b:m_{\min}$ korelasyonunun güvenilir kontrolü ancak mutlak parlaklıkların kullanımı ile yapılabilir.

(4) Kuvvetli bir $\Delta t_{\text{dec}}: \Delta t_{\text{rise}}$ ilişkisi vardır. Bu ilişkiye Szkody ve Mattei [36] ve Gieger [50] tarafından nedense değinilmemiştir. Korelasyon, patlamaya çıkış kolları dik olan sistemlerin patlamadan iniş kollarının da dik olduğunu göstermektedir. Ortaya konan ilişkinin kaynağı (1)'deki değerlendirmeye dayandırılabilir.

(5) Görünür maksimum parlaklık ile genlik arasında, maksimum parlaklık arttıkça genliğin yükselmesi yönünde kuvvetli bir korelasyon vardır. Genliğin hesaplanmasında maksimum parlaklık da kullanıldığından, bu ilişki beklenmektedir.

(6) $m_{\max}$ ile $m_{\min}$ arasında, maksimum parlaklık azaldıkça minimum parlaklığın da azalması yönünde nispeten kuvvetli bir korelasyon vardır. Bu korelasyona göre, sakin evrede daha parlak gözlenen sistemlerin maksimum evreleri de daha parlak gözlenmektedir. Öyle görünmektedir ki, sakin evrede diskte biriken materyalin fazlalığı ve disk yarıçapının büyüklüğü her iki ışık eğrisi parametresini de etkilemektedir. Fakat bu ilişki mutlak parlaklıklar kullanılarak test edilmelidir, zira gözlemsel etkilerin varlığı muhtemeldir.

(7) $\Delta t_{\text{dec}}: m_{\min}$ ilişkisi zayıf olmasına rağmen ($r = -0.36$) kendini hissettirmektedir. Buna göre sakin evrede daha parlak olan sistemlerin patlamadan iniş kolları daha sıkı olmaktadır. Yani, sakin evrede diskte biriken materyalin miktarı ve disk yarıçapı büyük oldukça, patlamadan iniş de daha uzun sürmektedir. Bu ilişkinin de mutlak parlaklıklar kullanılarak test edilmesi gerekmektedir.

Bölüm II'de bahsedildiği tarzda literatürden derlenen ışık eğrisi parametrelerinin bu çalışmada elde edilenlerle birleştirilmesi sonucu ortaya çıkan “birleşik veri seti” üzerinden yapılan korelasyon analizlerinin sonuçları Tablo III-7'de listelenmiştir. Tablo III-7'de de verilerin azlığı sebebiyle SU UMa sistemlerinin süper patlamaları tek başlarına incelenememiştir. Korelasyon analizinin bu kısmında, önceki çalışmalarla karşılaştırma yapılabilmesi adına çevrim süresi de kullanılmıştır.

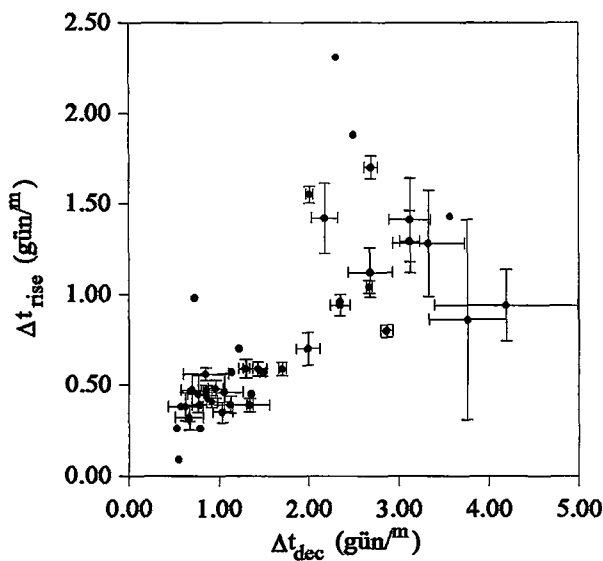
Tablo III-7’de verilen korelasyon analizi sonuçlarını da maddeler halinde toplayarak, mümkün hallerde Tablo III-6’nın sonuçları ile karşılaştıralım:

(1) Bu çalışmada üretilen veri seti üzerinden elde edilmiş $t_b:\Delta t_{dec}$ ve $t_b:\Delta t_{rise}$ pozitif korelasyonları birleşik veri setinden de bulunmuştur. Korelasyon katsayıları birbirlerine yakın değerlerdedir.

(2) $t_b:m_{max}$ ilişkisi burada da vardır ve Tablo III-6’da verilenden daha kuvvetlidir. Görünür parlaklık yerine mutlak parlaklık (M_{max}) kullanıldığında ise korelasyon varlığını kuvvetlendirerek sürdürmektedir.

(3) $t_b:m_{min}$ korelasyonu Tablo III-6’da zayıf halde var iken, Tablo III-7’de biraz daha kuvvetlenmektedir. Fakat mutlak parlaklık kullanıldığında bu ilişki anlam sınırının üzerinde bir korelasyon katsayısı vermemektedir. Şimdi daha güvenle söylenebilir ki, normal patlama süresi ile minimum parlaklık arasında ilişki yoktur. SU UMa sistemlerinde normal patlama süresi yerine süper patlama süreleri konduğunda dahi anlamlı bir ilişki elde edilememektedir ($r=+0.35$, $N=31$). Fakat bu ilişki ışık eğrisinin bütününden alınan ortalamalarla değil, tek tek patlamaların incelenmesi ve bölgesel sakin evre parlaklıklarının gözönüne alınması ile ortaya konabilir.

(4) $\Delta t_{dec}:\Delta t_{rise}$ ilişkisi, varlığını Tablo III-6 ile hemen hemen aynı kuvvette korumaktadır (Şekil III-2).



Şekil III-2. Birleşik veri seti üzerinden, normal patlamalar için iniş oranı ile çıkış oranı arasındaki ilişki. Yüksek değerlerde saçılma artmasına rağmen, korelasyonun varlığı belirgindir. Bu şekilde GK Per ve BV Cen’in değerlerine yer verilmemiştir. Hata barları ortalama değerlerin standart sapmalarını göstermektedir.

(5) $m_{max}:A$ ilişkisinin Tablo III-6’da gayet kuvvetli bir korelasyon sergilerken Tablo III-7’de olmaması, verilerin derlenmesinin dezavantajlarından birinin sonucudur:

Yaklaşık 3 kadirden sonra genliklerdeki saçılma çok fazladır. Genliğin üst sınırını 3 kadir alır ve bu şekilde bir $m_{\max}:A$ ilişkisi araştırılırsa, lineer korelasyon katsayısı -0.75 ($N=32$) bulunur. Ancak bu durumda kendi veri setimize literatürden sadece 1 adet yıldız ilave edilmiş demektir.

(6) $m_{\max}:m_{\min}$ ilişkisinin korelasyon katsayısı Tablo III-6'da verilenle neredeyse aynıdır. Tablo III-6'da bu ilişki tartışılırken görünür parlaklıkların kullanılması nedeniyle duyulan kuşku, bileşik veri setinde mutlak parlaklıkların kullanımı ($M_{\max}:M_{\min}$ korelasyonu) yoluyla giderilmiştir.

(7) Tablo III-6'da varlığını hissettiren $\Delta t_{\text{dec}}:m_{\min}$ ilişkisi burada karşımıza kuvvetlenerek ($\Delta t_{\text{dec}}:M_{\min}$ korelasyonu, Tablo III-7) çıkmaktadır. Öyleyse patlamadan iniş oranı ile minimum parlaklık arasında, iniş oranı azaldıkça minimum parlaklığın da azalması yönünde bir ilişkinin varlığı kesindir.

(8) Sakin evre süresi ile minimum mutlak parlaklık arasındaki korelasyon analizinin verdiği korelasyon katsayısı, bu iki parametre arasında ve sakin evre süresi arttıkça minimum mutlak parlaklığın sönükleşmesi yönünde bir ilişkinin varlığını gösterse de, uzun sakin evre sürelerine sahip sistemlerin bu korelasyondaki sayıca azlığı ilişkinin kuşkulu kalmasına sebep olmaktadır.

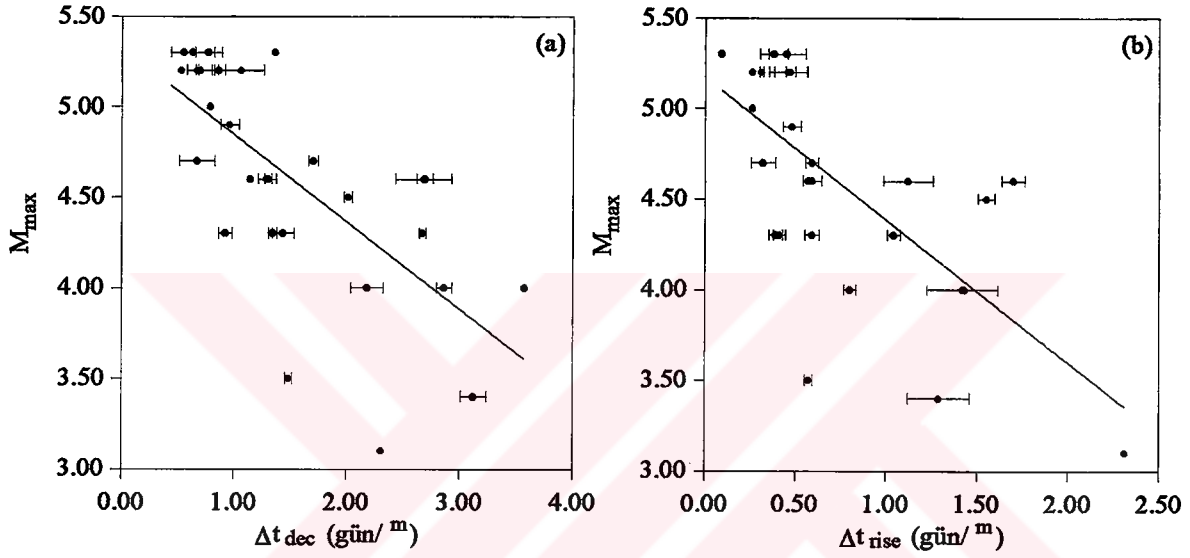
(9) $\Delta t_{\text{dec}}:A$ ilişkisi kuvvetlenerek anlam sınırının üzerine çıkmaktadır. Ancak bu korelasyon katsayısının hesabında Δt_{dec} için 5 gün/ m^2 'lik bir üst sınır alınmıştır.

(10) $\Delta t_{\text{dec}}:M_{\min}$ ve $\Delta t_{\text{rise}}:M_{\min}$ korelasyonları oldukça kuvvetlidir. Buna göre, minimum diskin sakin evredeki yapısı patlamanın iniş ve çıkış kollarını çok etkilemekte, minimum evrede daha parlak olan sistemlerin iniş ve çıkış kolları daha sıkı olmaktadır. Sakin evre parlaklığı esas olarak kütle transfer oranına bağlı olduğundan, yani kütle transfer miktarı arttıkça sakin evre parlaklığı artacağından, bu ilişkiler temelde kütle transfer oranının patlamanın iniş ve çıkış kolları ile bağlantısını göstermektedir. Buna göre, kütle transfer miktarı arttıkça, iniş ve çıkış kolu daha yaygın olmaktadır. Benzer korelasyonlar $\Delta t_{\text{dec}}:M_{\max}$ ve $\Delta t_{\text{rise}}:M_{\max}$ ilişkileri için de elde edilmiştir (sırası ile Şekil III-3a ve III-3b).

(11) Genliğin görünür minimum parlaklıkla ilişkili çıkmasına rağmen mutlak minimum parlaklıkla ilişkisinden bahsetmek, korelasyon katsayısının değeri sebebiyle zorlama bir sonuca ulaşmak olur. Mutlak parlaklığın uzaklıktan ve diğer etkenlerden

bağımsız olmasına dayanarak, genliğin minimumdaki mutlak parlaklıkla ilişkili olmadığını söylemek daha kabul edilebilir bir yorumdur. $A:m_{\min}$ ilişkisi ise, A 'nın hesaplanmasında $m_{\min}$ 'in kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

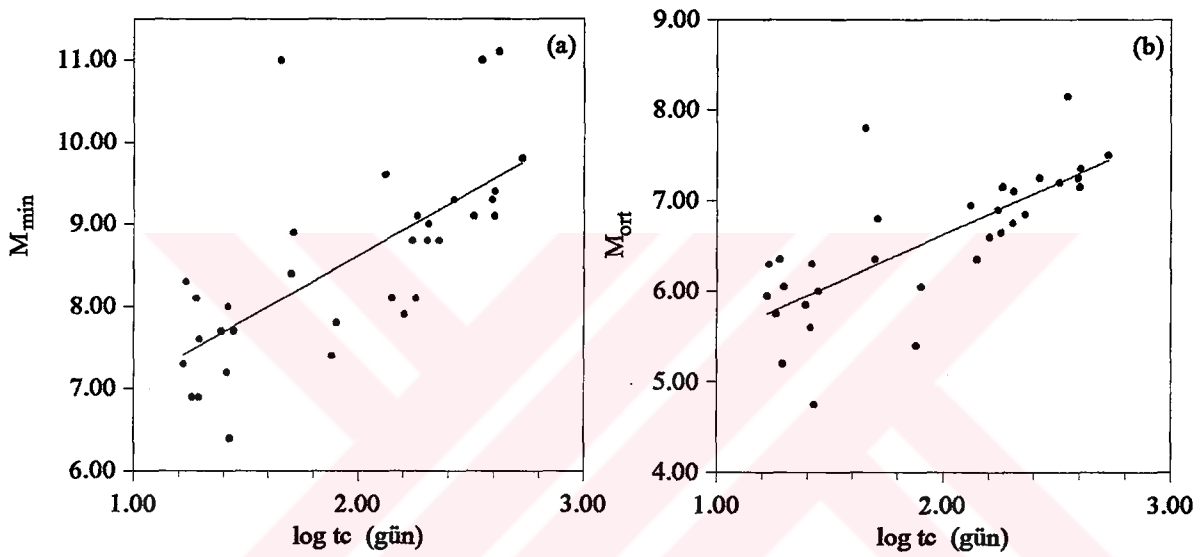
(12) Yukarıdaki durumu gözönüne aldığımızda $m_{\min}:M_{\max}$ korelasyonunun değerlendirmeye alınmaması gereği ortaya çıkar. Çünkü görünür parlaklık güvenilir bir parametre değildir. Kaldı ki bu ilişki (6)'da açıkça ortaya konulmuştur.



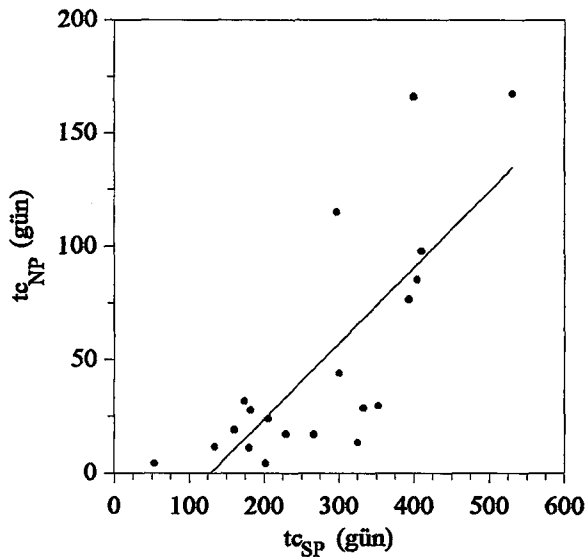
Şekil III-3. İniş (a) ve çıkış (b) oranlarının maksimum mutlak parlaklıkla ilişkileri. Düz çizgiler lineer fitleri temsil etmektedir. Hata barları Şekil III-2'deki gibidir.

(13) Çevrim sürelerinin ilişkilerine gelince; $t_c:t_q$ ilişkisinin bulunması normaldir, çünkü çevrim süresi sistemin evre süresini içeren bir parametredir. Korelasyon katsayısı çok zayıf çıkmasına rağmen, $t_c:A$ ilişkisine Kukarkin-Parenago İlişkisi adı verilir; iyi bilinmektedir ve gerçekte bu korelasyon SU UMa sistemlerinin süper patlamalarının da kullanılmasıyla çok daha kuvvetlendirilebilir [49]. $t_b:t_c$ ilişkisi ise, gene çevrim süresinin patlama süresini içermesi sebebiyle normaldir. Ancak, Warner'ın [68] gösterdiği $\log t_c:M_{\min}$ ilişkisinin varlığını iddia etmek çok zordur. Warner'ın bu ilişkiyi SU UMa sistemleri söz konusu olduğunda t_c için normal patlamalar yerine süper patlamaların çevrim sürelerinin alınması ile elde ettiği anlaşılmaktadır. Aynı yolu biz de izlersek 34 sistem üzerinden $\log t_c:M_{\min}$ ilişkisi için $r = +0.69$ elde ederiz (Şekil III-4a). Yani çevrim süresi arttıkça minimum mutlak parlaklık sönükleşir. Çevrim süresini bu şekilde ele alarak Warner'ın bulmuş olduğu $\log t_c:M_{\text{ort}}$ ilişkisi için 33 sistem üzerinden

$r = +0.73$ (Şekil III-4b), $\log tc:A$ ilişkisi için 53 sistem üzerinden $r = +0.40$ (burada A için de SU UMa'larda süper patlamaların genlikleri alınmıştır), $tc(SP):tc(NP)$ ilişkisi (SP: süper patlama, NP: normal patlama) için ise 20 sistem üzerinden $r = +0.77$ bulunur (Şekil III-5). tc , bileşenleri olan tb ve tq 'ya ayrılarak Tablo III-7'de incelenmiştir. Eğer tb ve tq diskin aynı ya da benzer fiziksel durumlarına karşılık gelseydi tc 'yi bu haliyle kullanmak mümkün olabilirdi. Ancak tb ve tq diskin farklı fiziksel hallerine karşılık gelmektedir (Bkz. Bölüm I-2).



Şekil III-4. Minimum (a) ve ortalama (b) mutlak parlaklıkların, çevrim süresinin logaritmasına bağlılıkları. Bu ilişkiler, SU UMa sistemleri söz konusu olduğunda süper patlamaların çevrim sürelerinin alınması ile elde edilmişlerdir. Düz çizgiler lineer fitleri göstermektedir.



Şekil III-5. Süper ve normal patlamaların çevrim süreleri arasındaki ilişki. Düz çizgi lineer fiti göstermektedir.

Süper ve normal patlamaların diğer parametrelerinin birbirleri ile ilişkileri de araştırılabilir. Ancak diğer süper ve normal patlama parametreleri bilinen SU UMa sistemlerinin sayısı böyle bir analizi güvenli kılabilcek kadar yüksek değildir. Bu sebeple böyle bir araştırma daha çok veri toplanmasını beklemek zorundadır.

III-3.3. Ortalama ışık eğrisi parametrelerinin sistemlerin fizik parametreleri ile ilişkileri

Ortalama ışık eğrisi parametrelerinin cüce novaların iyi bilinen yörünge periyodu (P) ve başka parametrelere kıyasla nispeten iyi bilinen bileşen yıldız kütlesi (M_2) ve beyaz cüce kütlesi (M_1) ile ilişkileri daha önce de araştırılmış bir konudur. Böyle araştırmaları daha geniş ve tutarlı olma iddiasındaki bir veri seti üzerinden tekrarlayanın, daha güvenilir ve belki de daha farklı sonuçlar vereceği açıktır. Bu sebeple, önce çalışmamızdaki ölçümlerimizle kurulan kendi veri setimiz, sonra da bunun literatürden derlenen verilerle birleştirilmesi ile oluşan birleşik veri seti üzerinden korelasyon analizleri yapılarak, ilkinin sonuçları Tablo III-8'de ikincisinin sonuçları ise Tablo III-9'da verilmiştir. Hem mutlak parlaklığı hem de fizik parametreleri bilinen sistem sayısı az olduğu için, Tablo III-8'de mutlak parlaklıklar yer alamamıştır. Korelasyon analizlerinin hiçbirinde GK Per kullanılamamıştır. Zira, uzun patlama ve sakin evre süresi, genlik, iniş-çıkış oranlarının çok yüksek değerleri, ve çok uzun bir yörünge periyoduna sahip olması sebebiyle bu sistem yaklaşık 48 saatlik yörünge periyodu bölgesinde tek başına kalmakta, ve sanki kısa P bölgesindeki bir grup yıldız ile uzun periyot bölgesindeki bir grup yıldız arasında korelasyon analizi yapılmış gibi bir durum ortaya çıkmakta, sonuç olarak GK Per'in kullanıldığı her korelasyon analizinde çok yüksek (ancak aldatıcı) korelasyon katsayıları elde edilmektedir. Benzer sebeplerle bazı hallerde BV Cen de kullanılmamıştır.

Bu bölümde elde edilen sonuçları Tablo III-8 ve Tablo III-9'u karşılaştırarak listeleyelim.

(I) Yörünge periyodu P, patlama süresi (tb), minimum görünür parlaklık (m_{min}), iniş ve çıkış oranları (Δt_{dec} ve Δt_{rise}), minimum ve maksimum mutlak parlaklıklar (M_{min} ve M_{max}) ile korelasyon halindedir. Bu parametrenin özellikle tb, Δt_{dec} , ve M_{max} ile

Tablo III-8. Bu çalışmada yapılan ölçümlerle bulunan ortalama ışık eğrisi parametrelerinin sistemlerin fizik parametreleri ile ilişkilerine dair lineer korelasyon katsayıları. Patlama ve sakin evre süreleri patlama tabanlarından, çevrim süreleri patlama ortasına karşılık gelen ölçüm seviyesinden ölçülmüştür. Patlamaya çıkış ve patlamadan iniş oranları 2. ve 4. ölçüm seviyeleri arasında hesaplanmıştır. Parantez içindeki değerler korelasyon katsayılarının hesaplanmasına giren sistem sayısını göstermektedir. Tüm değerler sadece normal patlamalar içindir.

	tb	tq	tc	Δt_{dec}	Δt_{rise}	A	m_{min}	m_{max}
P	+0.71(28)	+0.05(27)	+0.30(28)	+0.85(29)	+0.60(27)	-0.17(28)	-0.54(32)	-0.17(28)
M_2	+0.78(19)	+0.41(19)	+0.52(19)	+0.88(18)	+0.75(18)	+0.02(19)	-0.56(21)	-0.33(19)
M_1	+0.54(19)	+0.47(19)	+0.38(19)	+0.55(19)	+0.36(18)	+0.39(19)	-0.44(21)	-0.50(19)

Tablo III-9. Birleşik veri seti üzerinden ortalama ışık eğrisi parametrelerinin sistemlerin fizik parametreleri ile ilişkilerine dair lineer korelasyon katsayıları. Parantez içindeki değerler korelasyon katsayılarının hesaplanmasına giren sistem sayısını göstermektedir. Bu tablo da sadece normal patlamalara ait parametreler kullanılarak hazırlanmıştır.

	tb	tq	tc	Δt_{dec}	Δt_{rise}	A	m_{min}	m_{max}	M_{min}	M_{max}
P	+0.77(49)	+0.28(38)	+0.22(58)	+0.86(41)	+0.70(40)	-0.10(53)	-0.55(61)	-0.35(51)	-0.59(36)	-0.88(35)
M_2	+0.71(28)	+0.27(23)	+0.28(29)	+0.85(23)	+0.82(23)	-0.02(32)	-0.48(27)	-0.26(25)	-0.60(24)	-0.94(23)
M_1	+0.53(27)	+0.20(23)	+0.48(28)	+0.40(23)	+0.20(23)	+0.26(32)	-0.48(27)	-0.58(25)	-0.39(24)	-0.49(23)

korelasyonları oldukça kuvvetlidir. Öyle görünmektedir ki, daha uzun periyotlu sistemlerde patlama süresi daha uzun, maksimum parlaklık daha yüksek, iniş ve çıkış kolları ise daha sıkı olmaktadır. Yörünge periyodu arttıkça disk yarıçapı artacağından, disk yarıçapı arttıkça patlamanın da uzaması patlama modellerinden beklenen bir durumdur [71]. Daha uzun periyotlarda minimum görünür parlaklık da daha yüksek olmaktadır. Fakat $P:m_{\min}$ korelasyonu aldatıcı olabilir. Eğer sistem dışı etkilere maruz kalan $m_{\min}$ yerine $M_{\min}$ kullanılırsa sonuç daha güvenilir olur. $P:M_{\min}$ ilişkisi de var olduğuna göre $P:m_{\min}$ ilişkisi yanlış değildir. Bu değerlendirmenin önemi, $P:m_{\max}$ ilişkisi olmadığı halde, $P:M_{\max}$ kuvvetli bağlılığının görülmesi ile daha iyi anlaşılabilir. $P:M_{\max}$ korelasyonu Warner [68] tarafından bulunmuş ve Cannizzo [69] tarafından da disk kararsızlığı modeli çerçevesinde kuramsal yolla elde edilmiştir. Gerek kendi veri setimiz, gerekse birleşik veri seti anlamlı $P:tc$ ve $P:tq$ korelasyonları vermezler. Çevrim süresi patlama süresini içermesine rağmen $P:tc$ ilişkisinin anlamlı bir korelasyon katsayısı vermemesi, tc 'nin aynı zamanda kapsadığı sakın evre süresinin patlama süresi ile korelasyon halinde olmamasından kaynaklanmaktadır. Fakat, SU UMa sistemleri için çevrim süresi olarak süper patlamaların çevrim süreleri alınır, bu iki parametrenin logaritmaları arasında bir korelasyon bulunabilir ($r=-0.82$, $N=24$).

P 'nin çeşitli ışık eğrisi parametreleri ile ilişkilerinin lineer ifadeleri, ışık eğrisi parametrelerinin biri ya da birkaçı bilinen, fakat yörünge periyodu bilinmeyen sistemlerin yörünge periyotlarının belirli (ancak relatif olarak kaba) limitler içinde hesaplanmasında kullanılabilirler. Hatta patlama süresi ve maksimum görünür parlaklığı bilinen bir sistemde, $tb:M_{\max}$ ilişkisinden de yararlanılarak –uzaklık modülünün tespiti yoluyla- sistemin uzaklığı dahi kabaca tahmin edilebilir. Bu konuda Bailey [47], Szkody ve Mattei [36] ve Gieger [50] tarafından çeşitli ifadeler verilmiştir. Bununla birlikte, bu çalışmadaki verilerden ve birleşik veri setinden yola çıkarak daha güvenilir ifadeler sunulabilir. Bahsedilen ilişkiler aşağıdaki şekilde ifade edilebilirler:

(1a) Bailey [47] 1974'de $P: \Delta t_{\text{dec}}$ ilişkisini -sadece 8 adet cüce nova kullanarak- bulduktan sonra, Szkody ve Mattei [36] daha geniş bir veri seti üzerinden aynı ilişkiyi,

$$\Delta t_{\text{dec}} = 0.280 P + 0.266$$

olarak vermişlerdir. Bu başlık altında verilen tüm ifadeler için Δt_{dec} ve Δt_{rise} 'in birimi gün/^m, P'nin birimi saattir. Szkody ve Mattei'nin vermiş olduğu orijinal ilişkideki katsayılar, Δt_{dec} 'in gün/^m birimi cinsinden ifade edilebilmesi için dönüştürülmüştür. Aynı bağıllık için çalışmamızdaki verilerden çıkartılan lineer ifade,

$$\Delta t_{dec} = 0.325(\pm 0.034) P + 0.314(\pm 0.187)$$

şeklindedir. Birleşik veri seti ise,

$$\Delta t_{dec} = 0.324(\pm 0.030) P + 0.291(\pm 0.159)$$

vermektedir.

(1b) Szkody ve Mattei'nin [36] bulduğu P: Δt_{rise} ilişkisi,

$$\Delta t_{rise} = 0.177 P + 0.016$$

formundadır. Bu ilişki kendi veri setimizden,

$$\Delta t_{rise} = 0.105(\pm 0.023) P + 0.289(\pm 0.115)$$

şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Birleşik veri seti ise aynı ilişkiyi,

$$\Delta t_{rise} = 0.131(\pm 0.022) P + 0.213(\pm 0.103)$$

olarak sunar. Birleşik veri setinden elde edilen ifadelerde standart sapmalar nispeten daha küçük çıktığı için bu veri setinin verdiği bağıllıklara itibar etmek daha doğru sonuçlar verecektir.

(1c) Yörünge periyodu ile patlama süresi arasındaki ilişki için Vogt'un [60] sunduğu verilerden hareketle elde edilen lineer ifade,

$$tb = 1.475 P + 2.908$$

dir. Burada da tb'nin birimi gün, P'nin birimi ise saat'tir. Aynı ilişki için Szkody ve Mattei'nin [36] vermiş olduğu ifade,

$$tb = 1.56 P + 1.6$$

formundadır. Bu bağıllığı Gieger [50],

$$tb = 1.91 P - 0.2$$

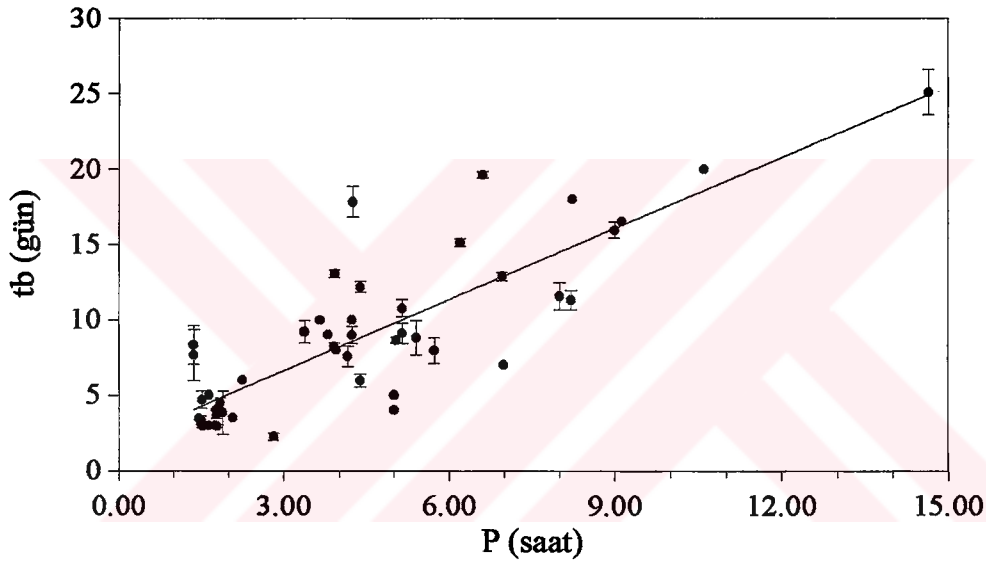
şeklinde göstermiştir. Bizim $t_b:P$ ilişkisi için kendi veri setimizden bulduğumuz lineer ifade (GK Per ve V442 Cen hariç),

$$t_b = 1.267(\pm 0.212) P + 3.256(\pm 1.159)$$

olur. Hemen belirtmek gerekir ki 3. ölçüm seviyesinden elde edilen patlama süreleri daha yüksek bir korelasyon katsayısı vermezler. Birleşik veri setinden ise,

$$t_b = 1.412(\pm 0.165) P + 2.484(\pm 0.885)$$

elde edilir (Şekil III-6).



Şekil III-6. Normal patlama süresinin yörünge periyoduna bağlılığı. Düz çizgi lineer fiti göstermektedir. Bu şekilde GK Per ve V442 Cen yüksek saçılma sebebiyle kullanılmamıştır. Bu çalışmadaki yıldızlar için hata barları ortalama değerlerin standart sapmalarını temsil etmektedir.

(1d) Birleşik veri seti üzerinden $P:M_{\min}$ ve $P:M_{\max}$ ilişkileri için elde edilen lineer ifadeler sırasıyla, P 'nin birimi saat, $M_{\min}$ ve $M_{\max}$ 'ın birimleri kadir olmak üzere,

$$M_{\min} = -0.312(\pm 0.073) P + 9.652(\pm 0.308)$$

$$M_{\max} = -0.241(\pm 0.022) P + 5.552(\pm 0.096)$$

şeklinde dirler. $P:m_{\min}$ ilişkisine kendi veri setimizden bakıldığında bir tek bağıntı elde edilebilirken, aynı korelasyon birleşik veri seti ile araştırıldığında periyot boşluğunun altındaki ve üstündeki sistemleri birbirlerinden ayırmak gerekmektedir. Zira, periyot boşluğunun altındaki sistemler anlamlı bir korelasyon vermezlerken ($r=-0.14$, $N=36$), periyot boşluğunun üzerindeki sistemler için bu iki parametre arasında bir ilişki vardır

($r=-0.52$, $N=25$). Bu çalışmadaki veri setinden elde edilen ifade şudur:

$$m_{\min} = -0.117(\pm 0.033) P + 14.469(\pm 0.181)$$

Birleşik veri setinin periyot boşluğunun üzerindeki sistemler için verdiği ifade ise,

$$m_{\min} = -0.142(\pm 0.049) P + 14.729(\pm 0.324) \quad (2^h.5 \leq P \leq 15^h)$$

dir.

Periyot boşluğunun altındaki cüce novalar SU UMa sistemleridir. Bu kısa periyotlu sistemlerin minimum görünür parlaklıkları U Gem ve Z Cam sistemlerinin uyduğu $P:m_{\min}$ ilişkisine uymamaktadır. Minimum görünür parlaklığın sistem dışı etkenlere bağlılığı ve $M_{\min}$ 'i bilinen sistemlerin sayılarının nispeten az olması sebebiyle, SU UMa sistemlerinin bu durumu hakkında yorum yapılabilmesi için daha çok veriye ihtiyaç vardır.

(2) Yörünge periyodunun tüm korelasyonları bileşen yıldız kütlesi M_2 için geçerlidir. Bunun açık sebebi M_2 'nin yörünge periyoduna kuvvetli lineer bağlılığıdır. Aslında kataklismik çift yıldızların en yüksek doğrulukla belirlenen parametresi yörünge periyodudur. Bu sebeple P 'ye bağlı diğer parametreler yerine P 'nin ilişkilerine itibar etmek daha tutarlı bir ele alış tarzıdır. Fakat M_2 'nin ışık eğrisi parametreleri ile ilişkilerinin lineer ifadelerini vermek, bileşen yıldız kütlesinin, ışık eğrisi parametrelerinden yola çıkılarak hesaplanabilmesine yardımcı olur. Burada M_2 'nin ışık eğrisi parametreleri ile tek tek ilişkilerini vermektense, Ritter ve Kolb'un kataloğundan [9] toplanmış verilerden tüm kataklismik değişenler için elde edilen $P:M_2$ ilişkisinin verilmesi ile yetinilecektir:

$$M_2 = 0.123(\pm 0.004) P - 0.082(\pm 0.020) \quad (1^h.4 \leq P \leq 9^h.1)$$

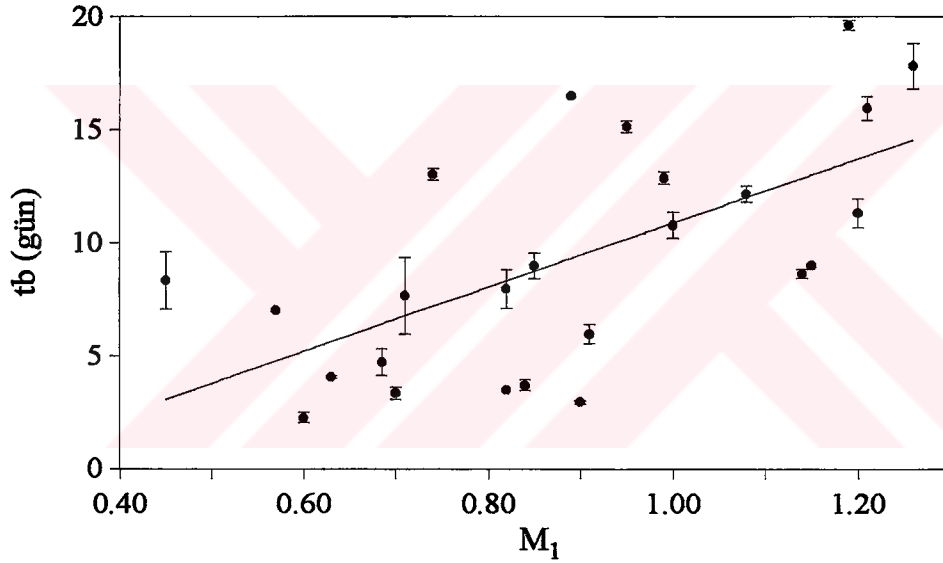
M_2 Güneş birimindedir. İlişki için lineer korelasyon katsayısı $r=+0.96$ 'dır ($N=69$). P ile M_2 arasında böyle kuvvetli bir bağ olunca, P 'nin ilişkili olduğu ışık eğrisi parametreleri ile M_2 'nin de ilişkili çıkması şaşırtıcı bir durum değildir.

(3) Ritter ve Kolb'un kataloğundan [9] tüm kataklismik değişenler için alınan M_1 (beyaz cüce kütlesi) ve P parametreleri değerlendirildiğinde, bu iki parametre arasında bir ilişkinin var olmadığı görülür. Halbuki aynı katalogdan P ve M_1 değerleri sadece

cüce novalar için seçilirse, yörünge periyodu ile beyaz cüce kütlesi arasında, çok kuvvetli olmasa bile bir ilişki ortaya çıkar ($r=+0.64$, $N=32$):

$$M_1 = 0.084(\pm 0.018) P + 0.497(\pm 0.091) \quad (1^h.4 \leq P \leq 9^h.1)$$

Burada M_1 Güneş kütlesi birimindedir. Tablo III-9'dan görülebileceği üzere P'nin ilişkili olduğu hemen her ı ışık eğrisi parametresi ile M_1 de ilişkilidir (Şekil III-7). Böyle hallerde M_1 ilişkilerinin korelasyon katsayıları P ilişkilerinininkilerden her zaman daha küçük çıkmaktadır. $M_1:M_{\max}$ ilişkisi (normal patlamalar için) dikkat çekerken, $M_1:tc$ ilişkisinin varlığı da önemlidir. Öyle görünmektedir ki, patlamaların maksimum parlaklıkları ve çevrim süreleri beyaz cüce kütlesinden de etkilenmektedir. Bileşen



Şekil III-7. Beyaz cüce kütlesi (Güneş kütlesi biriminde) ile normal patlama süresi arasındaki ilişki. GK Per ve BV Cen değerlendirme dışı bırakılmıştır. Hata barları Şekil III-6'daki gibidir.

yıldız üzerinde, ama özellikle patlamaların meydana geldiği yığılma diski üzerinde önemli çekimsel etkisi olan bir parametrenin, patlamaları da etkilemesi modellerden beklenen bir durumdur [71]. Bununla beraber beyaz cüce kütlesinin tespitindeki hataların yüksek olması, korelasyonun güvenilirliğini gölgelemektedir.

SU UMa sistemlerinin süper patlamaları için yeterli sayıda veri sadece iki durumda ve birleşik veri seti sayesinde bulunabilmiştir. Buna göre, $P:tc(SP)$ ve $P:m_{\max}(SP)$ ilişkileri yoktur. Kalan ilişkilere ise bakılamamıştır.

III-3.4. Ortalama ışık eğrisi parametrelerinin, sistemlerin temel fizik parametrelerinin bulunmasında kullanılması

Ortalama ışık eğrisi parametrelerinden en azından bazıları elde edilebilen sistemlerin bilinmeyen temel fizik parametrelerine, Bölüm III-3.3’de verilen ifadeler yoluyla yaklaşık değerler tayin etmek mümkündür. Szkody ve Mattei [36] bunu yapmış ve sonradan bazılarının yörünge periyotları farklı ve genelde kullanılan yöntemlerle bulunmuş olan birkaç sistem için yörünge periyotları önermişlerdir.

Szkody ve Mattei’nin [36] yörünge periyotlarının bilinmediğini belirterek bu parametreyi ışık eğrisi parametrelerinden çıkartmaya çalıştıkları sistemler AR And, X Leo, CY Lyr, CZ Ori ve KT Per’dir. AR And, X Leo, CZ Ori, KT Per ve TZ Per’in yörünge periyotları sonradan daha farklı yöntemlerle belirlenmiştir. Bu çalışmada, adı geçen sistemlere yörünge periyotları bilinmeyen FQ Sco, UY Pup, FO Per ve AT Ara da eklenerek, sistemlerin yörünge periyotları ve bileşen kütleleri yukarıda verilen $P:tb$ ve $P:M_2$ ilişkileri yoluyla tayin edilmiş ve Tablo III-10’da listelenmiştir. Bilinen yörünge periyotları ile, yukarıdaki yolla tayin edilenlerin farklarının sıfır civarındaki dağılımına bakıldığında, en doğru tahminlerin birleşik veri seti üzerinden elde edilmiş $P:tb$ ilişkisinden yapıldığı görülmektedir. Birleşik veri setinin neredeyse tamamı bu çalışma ile Szkody ve Mattei’nin [36] çalışmasından alınan patlama süresi değerlerinin birleşiminden oluştuğu için, açıktır ki aynı seviyeden ölçülmüş tb ’lerin sayısı (sistem sayısı) arttıkça, elde edilen $P:tb$ ilişkisinin duyarlılığı da artmaktadır.

Yörünge periyotlarının bulunmasında kullanılan tb değerleri, eğer çalışmamızda verisi bulunan bir sistem söz konusu ise bu çalışmadaki ölçüm sonuçlarından, değilse Szkody ve Mattei’den [36] alınmıştır. Bu yolla AR And, X Leo, CY Lyr, ve TZ Per’in patlama süreleri Szkody ve Mattei’den, CZ Ori, KT Per, FQ Sco ve UY Pup’un patlama süreleri de bu çalışmadaki ölçümlerden elde edilmiştir. FO Per için ise, çalışmamızın ileri aşamalarında elde edilebilen çok kısa bir ışık eğrisindeki sadece 3 adet patlamadan yapılan ölçümler kullanılmıştır.

Tablo III-10. Temel sistem parametreleri bilinmeyen cüce novalar için, patlama süresi (tb) ile yörünge periyodu (P) arasındaki ilişkinin bilinmesi ile yaklaşık yörünge periyotları, yörünge periyodu ile bileşen yıldız kütleleri (M₂) arasındaki ilişkinin bilinmesi ile de yaklaşık bileşen kütleleri hesaplanabilir. Tablo'nun ikinci, üçüncü ve dördüncü sütununda daha güvenilir yöntemlerle bulunmuş olan saat biriminde yörünge periyotları, Güneş kütleli biriminde bileşen kütleleri ve patlama süreleri vardır. Karşılaştırma yapılabilmesi için çeşitli yazarların verdikleri ilişkilerden elde edilen yörünge periyodu ve bileşen kütleleri de Tablo'ya eklenmiştir. P ve M₂ değerleri Ritter ve Kolb'dan [9], patlama süreleri ise çalışmamızdan ve Szkody ve Mattei'den [36] alınmıştır. Sistemler, alfabetik olarak sıralanmıştır.

Sistem	P	M ₂	tb (gün)	P (SM84)	P (G87)	P (V95)	P (BC)	P (BVS)	M ₂ (SM84)	M ₂ (G87)	M ₂ (V95)	M ₂ (BC)	M ₂ (BVS)
AR And	2.26	0.20	6	2.82	3.24	2.10	2.17	2.49	0.26	0.32	0.18	0.18	0.22
AT Ara	?	?	11.55	6.38	6.15	5.86	6.55	6.42	0.70	0.67	0.64	0.72	0.71
CY Lyr	?	?	5.5	2.50	2.77	1.76	1.77	2.14	0.23	0.26	0.13	0.14	0.18
CZ Ori	5.1504	0.55	9.09	4.10	4.86	4.19	4.60	4.68	0.42	0.52	0.43	0.48	0.49
FO Per	?	?	10.8	5.90	5.76	5.35	5.95	5.89	0.64	0.63	0.58	0.65	0.64
FQ Sco	?	?	7	3.46	3.77	2.77	2.96	3.20	0.34	0.38	0.26	0.28	0.31
KT Per	3.912	0.40	8.22	3.46	4.41	3.60	3.92	4.06	0.34	0.46	0.36	0.40	0.42
TZ Per	6.252*	?	11	6.03	5.86	5.49	6.11	6.03	0.66	0.64	0.59	0.67	0.66
UY Pup	?	?	7.57	3.83	4.07	3.16	3.40	3.60	0.39	0.42	0.31	0.34	0.36
X Leo	3.9456	0.40	8	4.10	4.29	3.45	3.74	3.91	0.42	0.45	0.34	0.38	0.40

SM84: Szkody ve Mattei [36]

G87: Gieger [50]

V95: Vogt [60]

BC: Bu çalışma

BVS: Birleşik veri seti (Bkz., Bölüm II-1)

* Ringwald [70]

Bu çalışmada, yörünge periyotları ve bileşen kütleleri bilinmeyen CY Lyr, FQ Sco, UY Pup, FO Per ve AT Ara için sırasıyla $2.14(\pm 0.79)$, $3.20(\pm 0.90)$, $3.60(\pm 0.94)$, $5.89(\pm 1.18)$, ve $6.42(\pm 1.23)$ saatlik yörünge periyotları, ve $0.18(\pm 0.07)$, $0.31(\pm 0.09)$, $0.36(\pm 0.09)$, $0.64(\pm 0.13)$ ve $0.71(\pm 0.13)$ $M_{\odot}$ 'lik bileşen kütleleri önerilmektedir.

III-4. O-C Eğrileri

Çalışılan cüce novaların O-C eğrileri, böyle bir hesaba izin verecek kadar patlaması tespit edilebilen 25 sistem için oluşturulmuş ve EK-5'de sunulmuştur. O-C eğrisinin şekli, çevrim süresinin (tc) zamanla değişip değişmediğini işaret eder. Esas olarak kütle transfer oranına bağlı olan tc, bu parametre ile ters orantılıdır. Kütle transfer oranındaki artış patlamaların sıklaşmasına sebep olur [71] [73]. Fakat O-C eğrileri ancak kütle transfer oranında değişim olup olmadığını gösterebilirler; değişimin karakteristiği hakkında ayrıntılı fikir veremezler.

SS Cyg'nin EK-4'deki O-C eğrisi, Hempelmann ve Kurths'un [30] bu sistem için bulduğu O-C eğrisi ile aynı yapıdadır. O-C'lerin nümerik değerlerindeki nispeten küçük uyumsuzluklar, kabul edilen ortalama çevrim sürelerinin ve patlama başlangıçlarının iki çalışmadaki farklarından kaynaklanmaktadır. Bu yıldızın O-C eğrisinde tc'nin kısa dönemlerde artıp azalma eğiliminin (özellikle 1-250. patlamalar arasında) yanısıra, yaklaşık 400. patlamaya kadar genelde artış gösteren tc'nin, bu dönemden sonra kısalmaya başladığı görülmektedir. Çok daha uzun dönemli gözlemleri gerektirmesi sebebiyle tc'nin bu davranışının çevrimsel olup olmadığına karar verilemez. Benzer eğilimler SS Aur ve U Gem için de bulunmuştur. Diğer U Gem ve SU UMa (normal patlamalar için) sistemlerinin O-C eğrilerinde de benzer genel artış ve kısa dönemli dalgalanmalar görülebilir.

Z Cam sistemlerinin O-C eğrilerinin hesabında daha dikkatli davranmak gerekmektedir. Zira bu sistemlerde zaman zaman patlama davranışı kesilmekte ve yıllar mertebesinde sürebilen duraksamalar meydana gelmektedir. Üstelik duraksamaların

süreleri çevrim süreleri ile orantılı değildir. Bu sebeple her duraksamanın başlangıcı önceki ışık eğrisi parçasının bitimi olarak kabul edilmeli, ve duraksama sonunda sanki ışık eğrisi yeni başlıyormuş gibi hesaplar yenilenmelidir. Elimizdeki Z Cam sistemlerinden sadece Z Cam'ın duraksamaları net bir şekilde belli olduğundan bu işlem Z Cam'a uygulanabilmiş, ve ışık eğrisinin duraksamalar arasındaki parçalarında tc'nin farklı eğilimlerde olabildiği görülmüştür.

Bol verisi bulunan SU UMa tipi cüce nova VW Hyi'nin süper ve normal patlamalarının O-C eğrileri farklı eğilimler gösterir. Bu durum, süper patlamaların mekanizması ile normal patlamalarının farklılığından kaynaklanabilir [12].

Çevrim süresinin, dolayısıyla kütle transfer oranının bu kısa ve uzun dönemli değişimlerini bileşen yıldızın Güneş tipi bir çevrime dayalı manyetik aktivitesi ile açıklamak mümkündür [55] [39]. Ancak görüldüğü gibi O-C eğrileri bu konuda ancak çok kaba sonuçlar verebilirler. Böyle bir durumda uzun dönemli hareketli ortalamalar tekniği ya da Fourier frekans analizi yöntemi daha doyurucu sonuçlar sunabilir.

III-5. Uzun Dönemli Hareketli Ortalamalar

Işık eğrisi parametrelerinin uzun dönemli hareketli ortalamaları, kütle transfer oranı gibi bazı parametrelerdeki uzun dönemli değişimler hakkında bilgi verdikleri gibi, ışık eğrisi parametrelerinin birbirleri ile ilişkilerinin araştırılmasında da kullanılabilirler. Yöntemin bir cüce novaya uygulandığı en ayrıntılı çalışma, Cannizzo ve Mattei [31] tarafından SS Cyg üzerinde yapılmıştır. Böyle bir analiz için yeteri miktarda verisi bulunan sistemler azdır. Buna rağmen yöntemin amacını tatmin edici sonuçlara ulaşılmış, ve verileri fazla sayıda olan 13 sistem için uzun dönemli hareketli ortalamalar EK-6'da verilmiştir. Uzun dönemli hareketli ortalamalar yönteminin uygulanabildiği yıldızlar AH Her, CN Ori, HL CMa, KT Per, RU Peg, RX And, SS Aur, SS Cyg, U Gem, V442 Cen, VW Hyi, WX Hyi, ve Z Cam'dır. Bu sistemler Bölüm III-3'de de

incelenmişlerdir. Temel ışık eğrisi parametreleri arasındaki korelasyonların uzun dönemli hareketli ortalamalardan bulunan sonuçları ise Tablo III-11’de verilmiştir.

Tablo III-11’e bakıldığında, AH Her ve CN Ori hariç, tüm sistemlerde patlama süresi (tb) ile sakin evre süresi (tq) arasında pozitif korelasyon vardır. İlginçtir ki Bölüm III-3’de modellerin beklentilerinin tersine, patlamadan önceki veya sonraki sakin evre süreleri ile patlama süresi arasında korelasyon bulunamamışken, uzun dönemler gözönüne alındığında korelasyonların varlığı açıktır. Her iki cüce nova patlaması

Tablo III-11. Verileri uygun sayıda olan sistemler için ışık eğrisi parametrelerinin uzun dönemli hareketli ortalamalarından elde edilen korelasyonların doğrultuları. (+) işareti pozitif korelasyonu, (-) işareti negatif korelasyonu, (±) işareti ise korelasyonun yönünün farklı dönemlerdeki değişkenliğini göstermektedir. “?” işareti değişim seviyelerinin çok düşük olması halinde karar verilemeyen durumları gösterir. SU UMa sistemleri için NP harfleri normal patlamaları, SP harfleri de süper patlamaları gösterir. Sistemler alfabetik sırayla dizilmiştir.

Sistem	tb:tq	tb:tc	tq:tc	tb:mq	tq:mq	tc:mq
AH Her	(-)	(+)	(-)	?	?	?
CN Ori	(-)	?	?	?	?	?
HL CMa	(+)	(+)	(+)	?	?	(+)
KT Per	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
RU Peg	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
RX And	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
SS Aur	(+)	(+)	(+)	(±)	(±)	(±)
SS Cyg	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
U Gem	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
V442 Cen	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
VW Hyi (NP)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
VW Hyi (SP)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
WX Hyi (NP)	(?)	(+)	(+)	?	(-)	?
Z Cam	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

modelinde de genel olarak sakin evre süresi uzadıkça patlama süresinin de uzaması beklenir. CN Ori’de verilerin azlığı sonuçlara duyulması beklenen güveni sarsabilecek olsa bile, bunların patlamaları iki modlu frekans dağılımı göstermedikleri için zaten açık korelasyonlar beklenemezdi. Fakat AH Her için korelasyon negatiftir, ve bu negatif korelasyon cüce nova patlama modellerince açıklanmaya muhtaç bir bulgudur.

Patlama süresi (tb) ile çevrim süresi (tc) arasında da genelde pozitif korelasyonlar bulunmasına rağmen, bu durum, çevrim süresinin patlama süresini içermesi sebebiyle normaldir.

tb:mq, tq:mq ve tc:mq korelasyonları, verileri yeterli sayıda olan tüm yıldızlarda pozitif çıkmıştır. Yani tb, tq ve tc arttıkça mq sönükleşmektedir. Buradan kütle transfer oranlarının en azından kısa dönemlerde önemli değişkenlikler göstermediği sonucuna varılabildiği gibi, sakin evre parlaklığının düşük olduğu dönemlerde sakin evre sürelerinin uzadığı, ve buna bağlı olarak patlamaların da uzun sürdükleri anlaşılr. Fakat bazı sistemlerin ışık eğrilerinde bu gözleme zıt süreçler de gözlenmektedir. Korelasyon analizlerinin (Bölüm III-3.2) sonuçlarından hatırlanacağı üzere, sistemlerin ortalama patlama süreleri ile ortalama sakin evre parlaklıkları arasında ilişki yoktur. Fakat uzun dönemli yürüyen ortalamalar açıkça göstermektedir ki, tek tek sistemlerin zamana bağlı analizlerinde uzun dönemler için patlama süresi ve sakin evre parlaklığı korelasyon halindedir.

Kütle transfer oranına bağlı olan çevrim süreleri ve sakin evre parlaklıklarının uzun dönemli hareketli ortalamaları, bu parametrelerin kısa dönemlerde önemli değişimleri olmadığı gibi bir izlenim doğursa da, parametrelerin uzun sürelerdeki değişkenlikleri kolayca görülebilmektedir. Saçılmanın yüksek olduğu bu tür verilerde periyodik değişimlerin varlığı da muhtemeldir. Periyodik değişimleri araştırma yöntemlerinin en sık kullanılanı ise Fourier periyot analizleridir.

III-6. Ortalama Işık Eğrisi Parametrelerinin Kuramsal ve Gözlemsel İlişkilerinin Karşılaştırılması

III-6.1. Patlama süreleri

Buradaki amacımız, gözlemle kuramı ortalama parametreleri değiştirerek birbirine uydurmak değil, en az bilinen parametre olan α için yörünge periyoduna yarı-deneyssel bir bağlılık elde etmektir. Ortalama patlama süresi ile yörünge periyodu arasında lineer bir ilişkinin varlığı, Bölüm III-3.3’de önceki çalışmalarla uyumlu şekilde ortaya konmuştur. Bu ilişki, nispeten yüksek saçılma gösteren GK Per, BV Cen ve V442 Cen’in değerlendirme dışı bırakılması sonucu,

$$tb_{gözlem}(saat) = 37.6075 P(saat) + 46.1586$$

lineer ifadesi ile tekrar tanımlanabilir ($r=+0.79$, $N=47$). Patlama süresi ve yörünge periyodu arasındaki bu ilişkinin kuramsal ifadesi ise, Gieger [50] tarafından Smak'ın [20] disk kararsızlığı modeli için geliştirmiş olduğu kurama uygulanan nümerik integrasyonlar yolu ile,

$$tb_{kuram}(saat) = (2/9\pi\alpha) (r/z)^2 f(q) P(saat)$$

şeklinde verilmiştir. Kuramsal $tb:P$ ilişkisini tanımlayan formülde,

$$f(q) = (0.9 (0.38 - 0.2 \log q))^{3/2} (1+q)$$

$$\log(z/r) \approx -1.34 + 0.175 \log(M_1 \dot{M}) + 0.035 \log r$$

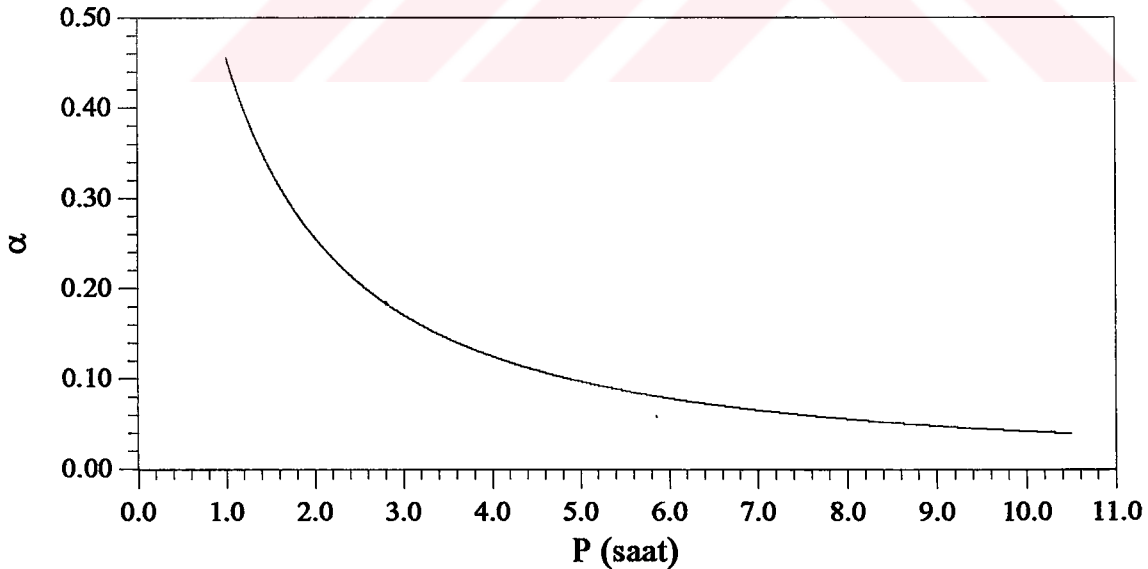
dir. Burada $q=M_2/M_1$ kütle oranı (M_2 : Bileşen yıldızın kütlesi, M_1 : Beyaz cüce kütlesi, Güneş kütlesi biriminde), $\dot{M}$ 10^{16} gr/sn biriminde kütle transfer oranı, r 10^{10} cm biriminde yığılma diski yarıçapı, z diskin yarıkalınlığı, P yörünge periyodudur. α ise disk kararsızlığı modelinin α sabitidir ve disk viskozitesini temsil eder. Değişkenlere ortalama değerler atfedilmesi yoluyla, α 'nın değişik değerleri denenerek gözlem-kuram uyumu sağlanabileceği gibi, uyumun en iyi olduğu α değeri seçilebilir. Böyle bir işlem olsa olsa tüm sistemler için geçerli kaba bir α verebilir. Halbuki bu parametre her sistem için farklı değerlerde olmalıdır. Zira, kuramsal patlama süresindeki diğer parametreler de sistemden sisteme değişir. Üstelik her sistem ya da sistemlerin tümü için ortalama bir α verilmesi mümkün olmasına rağmen, aslında bu parametrenin sistemin herhangi bir aktivite evresinde zamana bağlı olarak da değişmesi gerektiği açıktır. Fakat α 'nın gerek zamana, gerekse diğer parametrelere bağlı olarak nasıl değişmesi gerektiği tam olarak anlaşılabilmiş bir durum değildir. Şimdiye kadar yapılan kuramsal çalışmalarda, α 'ya böyle gözlemsel temelli değerler atfedilmesinden, bu büyüklük çeşitli yollarla (örneğin Bkz. [15], $\alpha \propto (z/r)^n$, $n \sim 1-2$) parametrize edilmiştir. Özellikle çevrim süresinin incelendiği kuramsal çalışmalarda patlama evresini temsilen α_H , sakın evreyi temsilen de α_C terimi kullanılmaktadır. Ama bu değerler de farklı çalışmalarda oldukça farklı sunulmaktadır. Örneğin Cannizzo, Shafer ve Wheeler [71] $\alpha_H = 0.1$ ve $\alpha_C = 0.02$ verirken, Warner [61] $\alpha_H = 0.3$ ve $\alpha_C = 0.06$ verir. Farklar küçük görünmesine rağmen,

ışık eğrisi parametrelerinin değerleri α_H ve α_c 'nin değişimlerine çok hassastırlar. Yukarıda bahsedilen α , patlama süresini temsilen kullanıldığı için α_H 'dır.

Çalışmamızın bu bölümünde, kuramın en belirsiz parametresi olan α 'ya gözlemlerin verdiği ve P'ye bağlı bir değer atanabilmesi için, M_2 , M_1 ve $\dot{M}$ 'nın P'ye gözlemsel bağılılıkları [7] yolu ile her P için bunlar, ve bunlara bağlı olan $f(q)$ ve (z/r) hesaplanmış, $t_{b_{gözlem}} = t_{b_{kuram}}$ eşitliğini her P değeri için sağlayacak olan α 'lar elde edilmiştir. Böylece, kuramın gözlemleri en iyi şekilde temsil ettiği hal için viskozite katsayısına, sistemin yörünge parametresine bağlı olarak aşağıdaki ifade ile tanımlanmış yarı-deneysel bir değer atfedilebilmesi mümkündür:

$$\ln \alpha = -1.12 \ln P - 0.57 \quad (1^{h.33} < P < 10^{h.5})$$

α 'nın $1^{h.33} < P < 10^{h.5}$ aralığındaki ortalama değeri 0.11'dir (Şekil III-8). Bu değer, Gieger'in [50] verdiği 0.2'den oldukça farklı iken, ısınma cephesinin relatif genişliğini Smak'dan çok daha dar almış olan Cannizzo, Shafter ve Wheeler'ın [71] disk



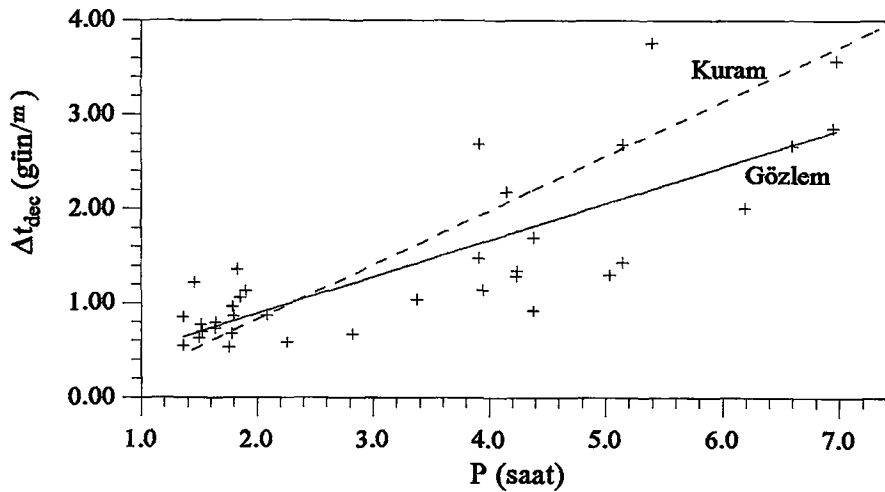
Şekil III-8. Disk kararsızlığı modelinin disk viskozitesini temsil eden α serbest parametresinin, yörünge periyoduna yarı-deneysel yolla bulunmuş bağılılığı. α 'nın 1.33-10.5 saat periyot aralığındaki ortalama değeri 0.11'dir.

kararsızlığı modelinden buldukları 0.1'lik değerle neredeyse aynıdır. Warner'in [61] SU UMa sistemleri için sunduğu 0.3'den ise çok farklıdır. Buna rağmen,

eğer 1-2 saatlik yörünge periyodu aralığındaki sistemlerin viskozite katsayılarının ortalaması alınır, Warner'ın [61] verdiği çok yakın ($\alpha_H = 0.33$) bir değer elde edilir ki bu da Warner'ın SU UMa sistemlerine yaklaşımındaki α_H değerinin çalışmamızla uyumlu olduğunu gösterir.

III-6.2. İniş oranları

Smak [20], disk kararsızlığı modeline dayanarak patlamadan iniş oranlarının yörünge periyodu ile ilişkisini de hesaplamış, ve çalışmasının Tablo-I'inde vermiştir. Dahası aynı yazar, bulduğu kuramsal $P:\Delta t_{dec}$ ilişkisinin, elde ettiği sınırlı sayıdaki gözlemsel değerlerle oldukça iyi uyum sağladığını da belirtmiştir. Bu çalışmada böyle bir sınama için çok daha fazla veri vardır. Smak'ın verdiği yörünge periyoduna karşılık kuramsal iniş oranı değerlerine uygulanan lineer fit ile gözlemsel değerler Şekil III-9'da çizilmiştir. Şekil'e ilk bakışta görülmektedir ki, gözlem ile kuram birbirine gerçekten de iyi uymaktadır. Fakat özellikle uzun yörünge periyotlarında uyum bozulmaktadır. Bunun sebebi, uzun yörünge periyotlarında verilerin saçılmasının artması olabileceği gibi, çok muhtemelen, uzun yörünge periyotlu sistemlerdeki disk yapılarının kuramsal hesaplarda öngörülenlerden farklı olmasına dayanmaktadır. Kuramla gözlemin genelde iyi uyuşmasının altında yatan sebep ise, yukarıdaki bölümde dile getirilen α parametresinin Smak'ın çalışmasında 0.1 (bu çalışmada bulunan gözlemsel değerle aynı) olarak kabulüdür. Bunun dışında, kabul edilen beyaz cüce kütlesi, kütle transfer



Şekil III-9. Smak'ın [20] verdiği yörünge periyodu-patlamadan iniş oranı kuramsal ilişkisinin gözlemsel ilişki ile mukayesesi. Uyum, uzun yörünge periyotlarındaki saçılma dikkate alınmazsa iyidir. (+) işaretleri gözlemsel değerleri, düz çizgi bunlara uygulanan lineer fiti, kesikli çizgi ise kuramsal fiti göstermektedir.

oranı, disk yarıçapı gibi parametrelerde kabul edilen değer-gerçek değer farklılıkları da kuram-gözlem karşılaştırılmasına yansımaktadır. Böyle mukayeselerin daha sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için, sistem parametrelerinin değerlerinin ve diğer fizik parametrelerin bunlara bağlılıklarının daha yüksek duyarlılıklarla tespit edilmesi gereklidir. Bu noktada söylenebilecek olan, disk kararsızlığı modelinin, cüce nova patlamalarını açıklama yönünde, iniş oranlarının yörünge periyoduna bağlılığı bakımından çok inandırıcı bir model olduğudur.

III-6.3. Çevrim süreleri

Disk kararsızlığı modeline dayanan kuramsal çalışmalarda, Meyer ve Meyer-Hofmeister'in [4] çalışmasından bu yana, çevrim süresinin çeşitli kuramsal ifadeleri sunulmuştur. Bu çalışmalarda temel amaç genellikle çevrim süresi üzerinde etkili olan parametrelerin deneysel ya da yarı-deneysel değerlerinin elde edilmesidir. En büyük zorluk ise gözlemsel verilerin yetersizliğidir [71]. Bu çalışmadaki veriler ise, çevrim süresini belirleyen parametreler üzerinde sınırlamalar yapılmasına yetecek ölçüdedir. Amacımız, her sistemin ortalama çevrim süresini kuramdan yola çıkarak hesaplamak değil, çevrim süresini belirleyen parametrelere genel ve yarı-deneysel sınırlamalar getirmektir.

Çevrim süresi, esas olarak kütle transfer oranına ($\dot{M}$), disk yarıçapına (r_0), sakin evre boyunca diskte biriken materyalin miktarına (M_0), sıcak ve soğuk haldeki viskozitelere (α_H , α_C), merkezi yıldızın kütlesine (m_1) ve ısınma cephesinin genişliğine ($\delta r/r$) bağlıdır. Cannizzo, Shafer ve Wheeler [71], çevrim süresinin bu parametrelere bağlı ifadelerini şöyle vermişlerdir:

$$\beta = 1.00 M_{0,-9}^{0.43} m_1^{0.16} r_{0,10}^{-1.34} \alpha_{H,-1}^{0.34} \left(\frac{\delta r}{r} \right)_{-1}$$

$$tc = 367 \dot{M}_{T,-9}^{-1} M_{0,-9}^{1.43} m_1^{0.16} r_{0,10}^{-1.34} \alpha_{H,-1}^{0.34} \left(\frac{\delta r}{r} \right)_{-1}$$

$$tc = 43.5 r_{0,10}^{0.42} m_1^{0.53} \alpha_{H,-1}^{0.34} \alpha_{C,-2}^{-1.23} \left(\frac{\delta r}{r} \right)_{-1} \zeta^{1.43n-1}$$

Çevrim süresinin birimi gündür. Bu ifadelerde çevrim süresi yarıçap ve beyaz cüce kütlelerine orta derecede, viskozite sabitlerine ise kuvvetle bağlıdır. Ancak α_c 'ye bağlılık çok daha kuvvetlidir. Her iki ifade de çevrim süresinin birimi gündür. β , patlama boyunca beyaz cüce üzerine yığılan kütle miktarının göstergesidir. Alt indislerdeki rakamlar, parametrelerin birimlerinin göstergesidir: Beyaz cüce kütlesi Güneş kütlesi biriminde, disk yarıçapı 10^{-10} cm biriminde, kütle transfer oranı 10^{-9} $M_\odot$ /yıl biriminde, diskte biriken materyal miktarı 10^{-9} Güneş kütlesi birimindedir. Viskozite sabitlerinin ve $\delta r/r$ 'nin alt indislerindeki rakamlar, bu sabitlerin bölündükleri sayıları gösterir (örneğin, $\alpha_{-1}=\alpha/0.1$). ζ ise sakin evre boyunca diskte biriken materyalin, maksimum disk kütlelerine oranının temsilcisidir:

$$M_0 = M_{\max} \zeta^n$$

Bu parametre kütle transfer oranını da içerir ($n=0.25$ alınabilir [71]). ζ 'nın değerinin tespiti için,

$$\varepsilon = \frac{tb}{tc} \approx 0.39 \frac{\alpha_{c,-2}^{1.2}}{\alpha_{H,-1}^{1.1}} \zeta^{1-1.43n} \propto \zeta^{0.64}$$

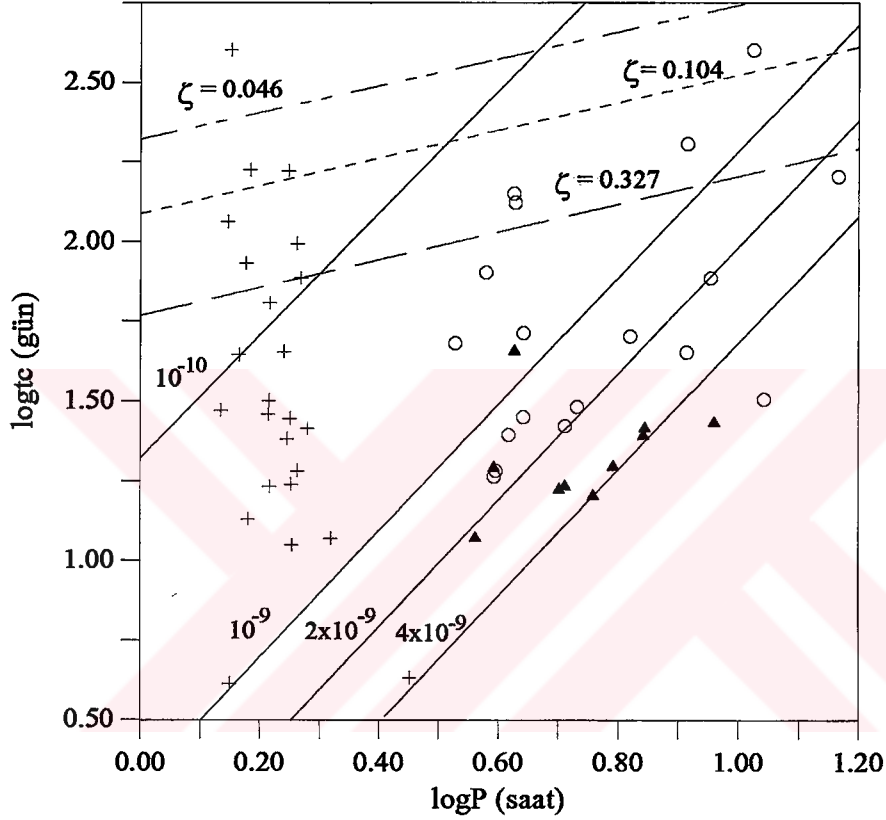
yaklaşımı kabul edilir [71]. Tablo III-1 yardımı ile (ve buna Szkody ve Mattei'nin verilerinin [36] de birleştirilmesi sonucu), U Gem sistemleri için $\varepsilon=0.235$, Z Cam sistemleri için $\varepsilon=0.489$, ve SU UMa sistemleri için de $\varepsilon=0.139$ bulunur. Buradan ζ 'nın değeri her sistem gurubu için sırasıyla, 0.104, 0.327 ve 0.046 elde edilir. α_H için, III-6.1'de bulunan 0.11'lik ortalama değer kabul edilsin. Her sistem için disk yarıçapı, yörünge periyoduna bağlı olarak,

$$a_{10} = 3.53 P^{2/3} (M_1 + M_2)^{1/3}$$

$$\frac{r_{RL,1}}{a} = \frac{0.49 (M_1 / M_2)^{2/3}}{0.6 (M_1 / M_2)^{2/3} + \ln[1 + (M_1 / M_2)^{1/3}]}$$

$$r_0 = 0.75 r_{RL,1}$$

formül dizgesi ile hesaplanır [71] [61]. Burada a_{10} , 10^{10} cm biriminde bileşenler arası mesafe, $r_{RL,1}$ beyaz cücenin Roche lobunun yarıçapı, r_0 ise dış disk yarıçapıdır. Beyaz cüce kütlesi Ritter ve Kolb'dan [9] alınır. Bu durumda bağımsız parametre olarak, α_c ve kütle transfer oranı kalır. Bu şekilde $\log P : \log t_c$ bağılılığı elde edilirse (Şekil III-10),



Şekil III-10. Kuramsal çevrim süresi-yörünge periyodu bağılılığının, gözlemsel çevrim süreleri ile karşılaştırılması. Üçgen sembolleri Z Cam sistemlerini, (+) sembolleri SU UMa sistemlerini, boş daireler ise U Gem sistemlerini temsil etmektedir. Ancak ζ 'nın çok yüksek değerlerinde kuram-gözlem uyumu sağlanabilir ki bu durum ζ 'nın yarı-deneysel çıkarımında kullanılan gözlemsel değerlere aykırıdır. Kütle transfer oranları değiştirilerek kuramsal çevrim süreleri hesaplandığında ise gözlemlerle kısmi uyum gerçekleşmektedir. Kuramsal eğrilerin yanlarındaki rakamlar, kabul edilen kütle transfer oranlarını ($M_\odot/\text{yıl}$) gösterir.

Cannizzo, Shafter ve Wheeler'ın sunduğu $\alpha_c \sim 0.02$ değerinin kullanılması halinde, gözlemsel değerlere yaklaşabilmek için ζ 'nın çok yüksek değerlere ($\zeta=1$ gibi) ulaşması gerekmektedir. Halbuki yukarıdaki yaklaşım ve gözlemler $\zeta < 1$ vermektedir. Sakin evrede viskozite sabitinin yüksek değerleri de mümkün olamayacağına göre, ζ 'nın kuramsal çıkarımında eksiklik olmalıdır. Zira diğer parametrelere gözlemsel yolla oldukça iyi yaklaşımlar yapılmaktadır.

Kütle transfer miktarının değiştirilmesi yoluyla kuramsal çevrim sürelerinin gözlemsel olanlarla kabul edilebilir uyumu sağlanabilir. Bu hesaplarda kullanılan kütle transfer oranları Ichikawa ve Osaki [73] ve Duschl ve Livio'nun [72] çevrim süresine bağlı olarak verdikleri kütle transfer oranları ile de uyumludur. Şekil III-10'dan görülebileceği üzere, Z Cam sistemlerinin çevrim sürelerine daha yüksek kütle transfer oranları ile yaklaşılabılır, ki bu durum evvelki beklentilerle de uyumludur. Bu konuda asıl ilginç olan, SU UMa sistemlerinin çevrim sürelerine disk kararsızlığı modeli çerçevesindeki kuramsal yaklaşımların hiçbirinin cevap verememesidir. Bu sistemlerin kütle transfer oranları 10^{-10} $M_{\odot}/\text{yıl}$ 'dan küçük olmalıdır ki, çevrim süreleri kütle transfer oranından (ve yörünge periyodundan) bağımsız olsun [73] [72]. Üstelik bu hesaplardaki uyum yetersizliği, SU UMa sistemlerindeki süper patlamaların oluşum mekanizmalarının normal patlamalardan farklı olduklarını göstermektedir. Ulaşılan bu sonuç Osaki'nin [22] [12] hipotezi ile uyumludur. Osaki'nin hipotezini destekler mahiyette bulgular sunmamıza rağmen, bu hipotezin doğrudan gözlemsel kanıtı yoktur [25]; halbuki süper patlamalar sırasında kütle transferi artışı için gözlemsel kanıt vardır [25] [26].

Hemen belirtmek gerekir ki, α_H 'ın değerinin Şekil III-8'de verildiği tarzda ve kütle transfer oranının da Patterson [7] tarafından verildiği yolla periyoda göre değiştirilmesi durumunda da (ki bu durumda α_c , β ve $\delta r/r$ dışında sabit parametre kalmaz) gözlemsel $\log P : \log t_c$ ilişkisinin eğimine uyumlu bir kuramsal ilişki elde edilememektedir. Bu durumda, yukarıda söylendiği gibi, özellikle α_c 'nin tahmin edilen gözlemsel değerinin, ve ζ 'nin gözlemsel verilere bağlılığının tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bunun anlamı, sakın evre boyunca diskte birikmesi, ve patlama boyunca beyaz cüce üzerine yığılması beklenen materyal miktarlarının tahmin edilenin üzerinde olmasıdır. Isınma cephesinin genişliğinin arttırılması da bu probleme kısmen çözüm olabilir.

III-7. Fourier Periyot Analizleri

Tıpkı Güneş gibi diğer pek çok tekil yıldızda da manyetik aktivite çevrimlerinin varlığı beklenir. Bu beklenti, manyetik aktivite çevrimlerinin kromosferdeki etkilerinin gözlenebildiği CaII H ve K spektrel çizgilerinin uzun yıllar boyunca takibi sonucu gözlemsel yolla doğrulanmıştır [74] [75] [76]. Fakat yıldızlardaki aktivite Güneş'te gözlenenden çok daha karmaşık olabilir. Yapılan çalışmaların bulgularına göre; yıldızların %30'u 3-15 yıl arasındaki aktivite periyotlarına sahip Güneş tipi sakin yıldızlardır. Bir kısmı aktivitelerinde periyodisite bulunamayan kaotik davranışlı aktif yıldızlardır. Kalanlarda ise değişim gözlenememiştir. Bahsi geçen son yıldızlar, Güneş aktivitesinin çok azaldığı ve periyodik karakterinin ortadan kaybolduğu yaklaşık 1645-1715 yılları arasındaki "Maunder Minimumu" gibi bir evrede olabilirler. Bu farklı davranışların rotasyon, konveksiyon veya yaş gibi temel yıldız parametrelerine nasıl bağlı olduğunu anlamak, modern astrofiziğin zorlu problemlerinden biridir. Kuşkusuz Güneş-yıldız mukayesesi ile manyetik alan üretiminden sorumlu işlemin temel yıldız parametrelerine bağlılığı araştırılabilir. Fakat gözlemler yıldız yüzeyindeki olayları gösterirken, manyetik alan yıldızın çok daha iç kısımlarında üretilir. Yıldızın rotasyonu manyetik etkinliğin belirlenmesinde yaşa göre çok daha belirleyici bir faktör olmasına rağmen, bu sadece rotasyona değil, aynı zamanda konveksiyon kuşağının özelliklerine de (bilhassa derinliğine) bağlıdır [77]. Problemin çözümüne yönelik çabaları seçim etkileri ve kısa dönemli değişimler de zorlaştırır. Üstelik bunların sonucunda elde edilebilen veri sayısının azlığı, çalışmaların istatistik önemini kuşkulu hale getirir.

Yıldızların manyetik aktiviteleri ile ilgili araştırmalarda, aktivitenin çevrim periyodunun temel yıldız parametreleri, spektrel tip veya rotasyon periyodu ile korelasyonları bulunamamıştır. Çevrim genlikleri için de durum çok farklı değildir [77]. Böyle korelasyon araştırmalarındaki temel problem, saf gözlemsel niceliklerin kuramsal olanlar ile birleştirilerek kullanılmalarıdır. Soru şudur: *Saf gözlemsel niceliklerden hareketle, yıldızların manyetik etkinliklerinin hem rotasyon ve hem de konveksiyona bağlılığı için kanıtlar bulabilirmiyiz?* Soon ve ark.'nın [78] ve Baliunas ve ark.'nın [83] önerilerine göre, saf bir gözlemsel nicelik olan $P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}}$ oranı (P_{cyc} : aktivitenin çevrim

periyodu, P_{rot} : dönme periyodu) yıldızlardaki manyetik aktivitenin etkinliğini karakterize etmekte kullanılabilir. Oran, yukarıda dile getirilen soruya yanıt aranmasında önemli olabilir; zira, saf gözlemsel niceliklerden hareketle hem rotasyonel ve hem de konvektif özellik içerir.

Fakat aktivite araştırmaları çok uzun dönemli verileri gerektirmektedir, ve böyle verilerin hazırlanması zordur. Halbuki uzun dönemli takibin gerekliliği sebebiyle çift yıldızların pek çoğu için veriler zaten mevcuttur. Eğer çift yıldızlarda böyle manyetik aktivite çevrimlerinin varlığı ortaya konulabilirse, üstelik çalışılan sistem sayısı da fazla olabilirse, sonuçların gerektiğinde tekil yıldız sonuçları ile birleştirilmesi vasıtasıyla manyetik aktivite araştırmalarına katkıda bulunulabilir. Çift yıldızların (spesifik olarak kataklismik çift yıldızların) bu tür araştırmalarda kullanılmalarının, verilerinin bolluğunun yanısıra başka avantajları da vardır. Öncelikle bu sistemlerin ikincil bileşenleri anakol yıldızlarıdır ve aynı spektral tipten tekil anakol yıldızlarına neredeyse özdeşirler [53]. Gözlemsel duyarlılığı yansıtan ikinci avantaj, kataklismik çift yıldızların anakol bileşenlerinin sistemin yörünge periyodu ile eşzamanlı dönmesidir. Yani anakol bileşeninin rotasyon periyodu, sistemin yörünge periyoduna eşittir (Gerçekte çok az daha uzundur [7], ama aradaki fark verilerin saçılmalarının yanında güvenle ihmal edilebilir düzeydedir). Tekil anakol yıldızlarında rotasyon periyodunun belirlenmesi önemli bir problemken, yörünge periyodu belirlenebildiği sürece kataklismik çift yıldızlarda bu sorunun aşılması çok daha kolaydır, ve yörünge periyotları genelde yüksek duyarlılıkla belirlenir. Üstelik tekil anakol yıldızlarının kataklismik değişenlerin anakol bileşenlerinden daha yüksek periyotlarla dönmeleri sebebiyle, araştırma, kataklismik çift yıldızlar gibi daha kısa dönme periyotlu yıldızlara genişletilebilir.

Şimdi bu probleme çalışmamızın konusu olan cüce novalar açısından yaklaşalım. Tekil yıldızlarla ilgili tüm çalışmaların ardından, alt-anakol yıldızlarına neredeyse özdeş [53] birer bileşen yıldız içeren cüce novaların -genelde kataklismik çift yıldızların- bu bileşenlerinde manyetik aktivite çevrimlerinin bulunması hiç de sürpriz olmaz. Kataklismik çift yıldızların anakol bileşenlerinde manyetik çevrimlerin varlığı Bianchini [57] [58] tarafından gözlemsel olarak kanıtlanmıştır. Başka tür çift yıldızlarda da böyle

çevrimlerin varlıkları bilinmektedir [59] [79] [80]. Katakлизмik çift yıldızlardaki manyetik çevrimlerin kuramsal tartışması Warner [55], Hall [80] ve Richman ve ark. [54] tarafından yapılmıştır. Gözlemsel bakımdan problem, bu şekilde çalışılmış sistemlerin sayısının azlığıdır [59]. Sayı azlığı çalışmaların istatistik önemlerini düşürmektedir. Daha geniş veri setleri üzerinde yapılan bir çalışma ile, çevrimlerin sistemlere ait diğer parametrelerle ilişkileri -eğer varsa- ortaya konulabilir, manyetik çevrimlerin periyotları tekil yıldızlarınkilerle karşılaştırılabilir. Ve, belki daha da önemlisi, çoğu durumda karşılaşıldığı gibi çift yıldızlarla ilgili bir araştırma, bir kez daha tekil yıldız araştırmalarına yardımcı olabilir

Bileşenin manyetik çevrimi, yıldızın çevrimsel yarıçap değişimlerine (veya Roche lobunun daralmasına, [54]), ve böylece yıldızın Roche lobu dışına daha fazla taşması sonucu kütle transfer oranının periyodik artışlarına sebep olur [55]. Bu değişimin gözlemsel yolla ortaya konulması, kütle transfer oranı değişimlerinin gözlenebilir parametrelerdeki etkilerinin araştırılması ile mümkündür. Kütle transfer oranındaki değişimler cüce novaların temel olarak çevrim sürelerini, sıcak leke ve sakin evre parlaklıklarını etkiler. Ancak değişimin etkileri bununla kalmaz; bileşen yıldızdan diske taşınan manyetik alan disk materyalinin açısal momentum kaybına sebep olarak, materyalin birikim bölgesini beyaz cüceye yaklaştırır. Sonuç kısa patlamaların sayısındaki artıştır [56]. Gerçekten de ışık eğrilerine genel bir bakışla dahi (Bkz. Bölüm III-5) , kısa patlamaların sayılarının arttığı dönemlere rastlamak mümkündür.

Bu çalışmada da SS Aur ve CN Ori için çevrim sürelerinin, CZ Ori için patlama sürelerinin, ve kalan sistemlerin çoğu için de sakin evre parlaklıklarının zaman serilerine Fourier periyot analizleri uygulanarak, bu sistemlerdeki anakol bileşenlerinin manyetik aktivitelerinin ortalama çevrim periyotları (P_{cyc}) bulunmuştur. Verileri böyle bir analize izin veren sistemlerde bulunan ortalama çevrim periyotları Tablo III-12’de listelenmiştir. Yöntemin uygulanışına dair bazı ayrıntılar ise Bölüm II-2’de verilmiştir.

Warner’in [55] çalışmasında, minimum ve maksimum çevrim süreleri oranlarının (t_{c1}/t_{c2} , t_{c1} : minimum çevrim süresi, t_{c2} : maksimum çevrim süresi) ve aktivite çevrimlerinin sakin evre parlaklıklarındaki genliklerinin (Δm) kullanılması yoluyla,

Tablo III-12. Fourier analizlerinin sonuçları. Bileşen yıldızın ortalama çevrim periyodu P_{eye} , çevrimin sakın evre parlaklıklarındaki genliği Δm , bileşenin yarıçap değişim oranı $\Delta R/R$, maksimum kütle transfer miktarının minimum kütle transfer miktarına oranı da $\dot{M}_1/\dot{M}_2$ sembolleri ile gösterilmişlerdir.

Yıldız	P_{eye} (yıl)	Δm (^m)	$\Delta R/R$	$\dot{M}_1/\dot{M}_2$
AH Her	15.59	0.23	8.44×10^{-5}	1.30
AT Ara	18.79	0.18	6.69×10^{-5}	1.23
AT Cnc	15.33	0.46	1.7×10^{-4}	1.70
BV Cen	6.12	0.09	3.37×10^{-5}	1.11
BV Pup	13.15	0.30	1.11×10^{-4}	1.41
CN Ori	4.49 ⁽¹⁾	$tc_1/tc_2=0.88$	3.94×10^{-5}	1.13
CZ Ori	8.33 ⁽²⁾			
EK TrA	16.93	0.35	1.31×10^{-4}	1.50
FQ Sco	9.51	0.11	4.05×10^{-5}	1.13
GK Per	9.65	0.10	3.68×10^{-5}	1.12
HL CMa	2.67	0.29	1.07×10^{-4}	1.39
KT Per	6.73	0.17	6.44×10^{-5}	1.22
MU Cen	4.00	0.14	5.19×10^{-5}	1.18
OY Car	7.61	0.34	1.26×10^{-4}	1.48
RX And	6.88	0.24	8.99×10^{-5}	1.32
RU Peg	10.21	0.14	5.00×10^{-5}	1.17
SS Aur	3.17 ⁽¹⁾	$tc_1/tc_2=0.61$	1.60×10^{-4}	1.65
SS Cyg	6.88			
SW UMa	9.94	0.38	1.41×10^{-4}	1.55
TU Men	7.81	0.33	1.23×10^{-4}	1.46
TW Vir	13.27	0.23	8.65×10^{-5}	1.31
U Gem	6.09	0.32	1.20×10^{-4}	1.45
UY Pup	6.41	0.18	6.78×10^{-5}	1.23
UZ Ser	6.66	0.18	6.78×10^{-5}	1.23
V442 Cen	7.51	0.13	4.94×10^{-5}	1.17
V436 Cen	6.98	0.30	1.12×10^{-4}	1.42
VW Hyi	4.58	0.14	5.14×10^{-5}	1.18
WW Cet	5.59	0.14	5.04×10^{-5}	1.17
WX Hyi	22.5	0.23	8.52×10^{-5}	1.30
WZ Sge	10.64	0.32	1.20×10^{-4}	1.45
Z Cam	5.98	0.13	4.97×10^{-5}	1.17
Z Cha	14.39	0.16	5.77×10^{-5}	1.20

⁽¹⁾ : çevrim süresinden

⁽²⁾ : patlama süresinden

bileşen yıldız yarıçap ve kütle transferi değişim oranları atfetmenin mümkün olduğu görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen çevrim periyotlarının verilere modellenmesi ile tc_1/tc_2 ve Δm bulunmuş, ve böylece $\Delta R/R$ ve $\dot{M}_1/\dot{M}_2$ hesaplanabilmektedir. Burada $\Delta R/R$ bileşen yarıçapının değişim oranını, $\dot{M}_1$ minimum çevrim süresine karşılık gelen kütle transfer oranını, $\dot{M}_2$ ise maksimum çevrim süresine karşılık gelen kütle transfer oranını simgelemektedir. Hatırlanacağı üzere, çevrim süresi ile kütle transfer miktarı ters

orantılıdır. Bu hesapların sonuçları da Tablo III-12’de verilmiştir. Fourier analizleri yolu ile bulunan aktivite çevrimi periyotlarının verilere modellenmesi sonucu elde edilen değişim örneklerinin, aktivite çevrimi evresinin 0.1’lik aralıklarında alınan ortalamaları EK-7’de verilmiştir. Hata barları ortalama değerlerin standart sapmalarını göstermektedir [81] [82].

Fourier periyot analizlerinin sonuçları aşağıda maddeler halinde sunulmuştur. Korelasyonların araştırılmasında, mümkün hallerde, veri setine Bianchini’nin [58] listelediği nova ve nova benzeri yıldızlar da (T Aur, DQ Her, V446 Ctg, V841 Oph, RR Pic, TT Ari, MV Lyr, RW Tri, UX UMa, EX Hya) eklenmiştir.

(1) Bileşen yıldızlardaki Güneş tipi manyetik çevrimlerin periyotları her ne kadar geniş aralıklardaki değerleri alabiliyorlarsa da, U Gem, Z Cam ve SU UMa sistemlerinin ortalama çevrim periyotları sırasıyla 7.50, 8.40 ve 11.26 yıldır. Görüldüğü gibi SU UMa sistemleri diğer sistemlerden dikkate değer derecede daha uzun çevrimlere sahiptirler. Tüm sistemler için ortalama çevrim periyodu 9.05 yıldır.

(2) Ortalama çevrim genliği (Δm) 0.28 kadir olan SU UMa sistemleri en yüksek çevrim genliklerine sahiptirler. Bunları 0.23 ile Z Cam sistemleri, 0.18 ile de U Gem sistemleri izler. Çevrimin sakin evre parlaklığındaki genliğinin yüksek olması, minimum ve maksimum dönemleri arasında kütle transfer miktarındaki değişimin yüksek olması anlamına gelir. Bu durumda, SU UMa sistemlerindeki anakol bileşenlerinin manyetik etkinliklerinden kaynaklanan kütle transfer miktarı değişimlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

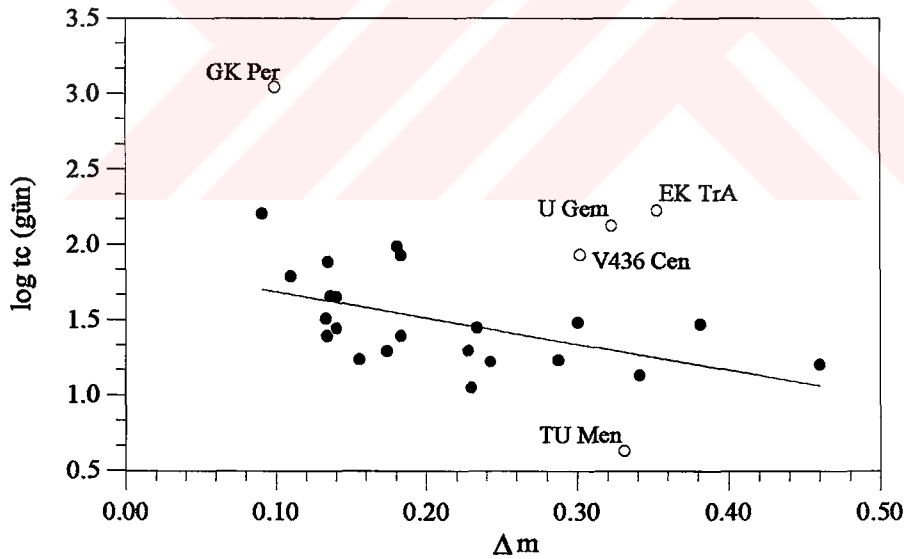
(3) Sistemler bütünü içinde, manyetik çevrim periyodunun herhangi bir ışık eğrisi parametresi ya da fizik parametre ile korelasyonu yoktur. Bileşen yıldız sistemin yörünge periyoduna kilitlenmiş olduğundan, yörünge periyodu ile manyetik çevrim periyodu arasında bir ilişki olmaması ($r = -0.18$, $N=38$), aynı zamanda çevrim periyodu ile bileşenin dönme hızı arasında bir ilişki olmadığı anlamına gelir. Bu sonuç, Maceroni’nin [59] sonuçlarını onaylamaktadır.

(4) Kütle transfer oranında değişim meydana geldiği zaman, buna bağlı olarak çevrim süresinin (t_c) de -ters yönde- değişim göstermesi beklenir. Gerçekten de yüksek saçılma gösteren GK Per, EK TrA, U Gem, V436 Cen ve TU Men’in değerlendirme dışı

bırakılması halinde, Δm :logtc korelasyonunun lineer korelasyon katsayısı anlamlı bir değere ulaşır ($r=-0.54$, $N=22$). Burada normal patlamaların çevrim süreleri kullanılmıştır (Şekil III-11).

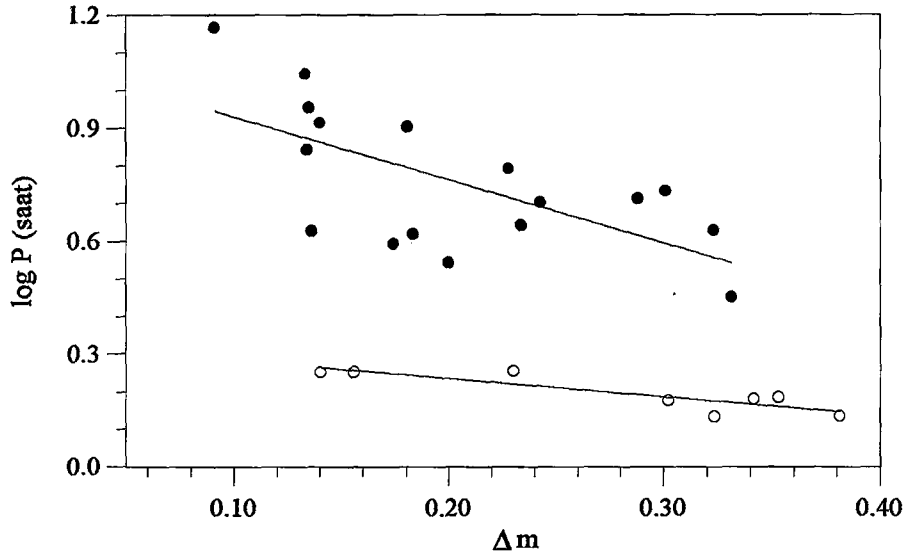
(5) Ortalama mutlak parlaklıkları daha düşük olan sistemlerde, manyetik çevrimin ortalama genliği daha yüksek olmaktadır. Bu korelasyonda lineer korelasyon katsayısı $+0.50$ ($N = 18$) çıkmasına rağmen, saçılma gösteren WW Cet, VW Hyi ve Z Cha'nın değerlendirmeye alınmaması halinde, korelasyonun katsayısı $+0.90$ 'a yükselmektedir. Aynı korelasyon maksimum ve minimum mutlak parlaklıklar için de bulunmuştur.

(6) Normal patlamaların ortalama iniş ve çıkış oranları düşük olan sistemlerde, manyetik çevrimin ortalama genliği daha yüksek çıkmaktadır. İniş oranlarına $3.3 \text{ gün}^{\text{mm}}$ 'lik bir üst sınır konulduğunda (Bu durumda UY Pup, BV Cen, BV Pup ve GK Per değerlendirme dışı kalır), $r = -0.68$ ve $N=22$ olur. Çıkış oranları için de, GK Per ve BV Cen'in dikkate alınmaması sonucu, çevrim genliği ile çıkış oranı arasında lineer korelasyon katsayısı $r = -0.53$ bulunur ($N=25$).



Şekil III-11. Anakol bileşenin aktivite çevriminin sakin evre parlaklığındaki genliği ile normal patlamaların çevrim sürelerinin logaritması arasındaki ilişki. İşaretli sistemler değerlendirme dışı bırakılmışlardır. Düz çizgi ise lineer fiti göstermektedir.

(7) Yüksek saçılmaya sebep olan TU Men, AT Cnc, GK Per, V841 Oph ve DQ Her'in gözönüne alınmaması halinde, aktivite çevriminin sakin evre parlaklıklarındaki genliği (Δm) ile yörünge periyodunun logaritması arasında bir ilişki vardır (Şekil III-12). Ancak burada, her ne kadar bütün sistemler için ortak bir ilişki tanımlamak

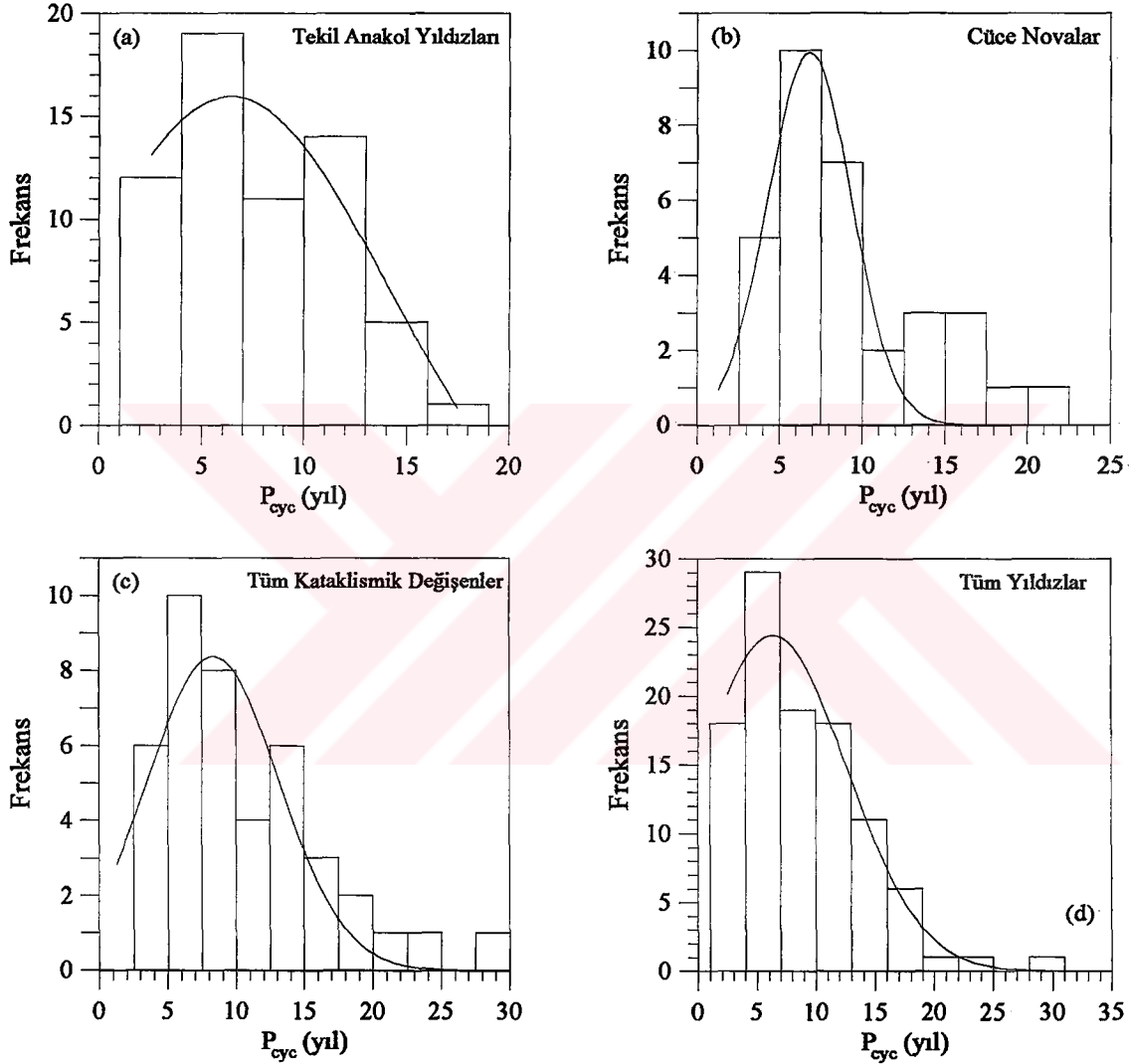


Şekil III-12. Çevrim genliği ile yörünge periyodunun logaritması arasındaki ilişki, yörünge periyotları 2 saatten kısa sistemler (SU UMa sistemleri, içi boş daireler) ve 3 saatten uzun sistemler (U Gem ve Z Cam sistemleri, içi dolu daireler) için farklı çıkar. Düz çizgiler her periyot gurubu için lineer fitleri göstermektedir.

mümkün olsa da, yörünge periyotları daha kısa (< 2 saat) olan SU UMa sistemleri ile yörünge periyotları daha uzun (> 3 saat) olan diğer sistemler arasında açık bir ayrım yapılabilir. Yörünge periyotları 3 saatten uzun olan sistemlerde lineer korelasyon katsayısı $r = -0.65$ ($N=17$), 2 saatten kısa olan sistemlerde ise $r = -0.88$ ($N=8$) çıkmaktadır. Sistem sayısının azlığı istatistik önemi düşürdüğünden, daha fazla sayıda sistem bu yolla çalışılmalıdır. Zira bahsi geçen korelasyon, çevrim genliğinin yaratıcısı olan bileşenin manyetik etkinliği ile yörünge periyodu (dolayısı ile bileşen yıldız kütlesi) arasında fiziksel bir ilişkinin varlığının göstergesidir.

(8) Bu çalışmada cüce novalar ve bir nova için bulunan manyetik çevrim periyotları ile, Bianchini'nin [58] novalar ve nova benzeri yıldızlar için vermiş olduğu manyetik çevrim periyotlarının birleştirilmesi sonucu meydana gelen veri setinin frekans dağılımı oluşturulduğunda (Şekil III-13), kataklismik değişen yıldızların manyetik çevrim periyotlarının frekans dağılımının, tekil anakol yıldızlarınkinden farklı olmadığı ortaya çıkmaktadır. Cüce novalardaki anakol bileşenlerinin ve tekil yıldızların çevrim periyotlarının frekans dağılımlarına uygulanan Gauss fitleri tek tepeli uyum eğrileri verirler. Eğrilerin tepe değerleri hem cüce novalar ve hem de tekil anakol yıldızları için 6.8 yıldır. Böylece Warner'in [53] aslında bileşen yıldızların aynı spektral tipten tekil anakol yıldızlarından çok farklı olmadığı yönündeki görüşü onaylanmıştır.

Tüm kataklismik değişenler (cüce novalar, novalar ve nova-benzeri yıldızlar) gözönüne alındığında, frekans dağılımına uygulanan Gauss fiti 8.3 yıllık bir tepe değeri verir. Bu değer de tekil anakol yıldızlarından çok farklı değildir; küçük farkın sebebi, büyük ihtimalle cüce novalar dışındaki sistem türlerinin sayısı azlığıdır.

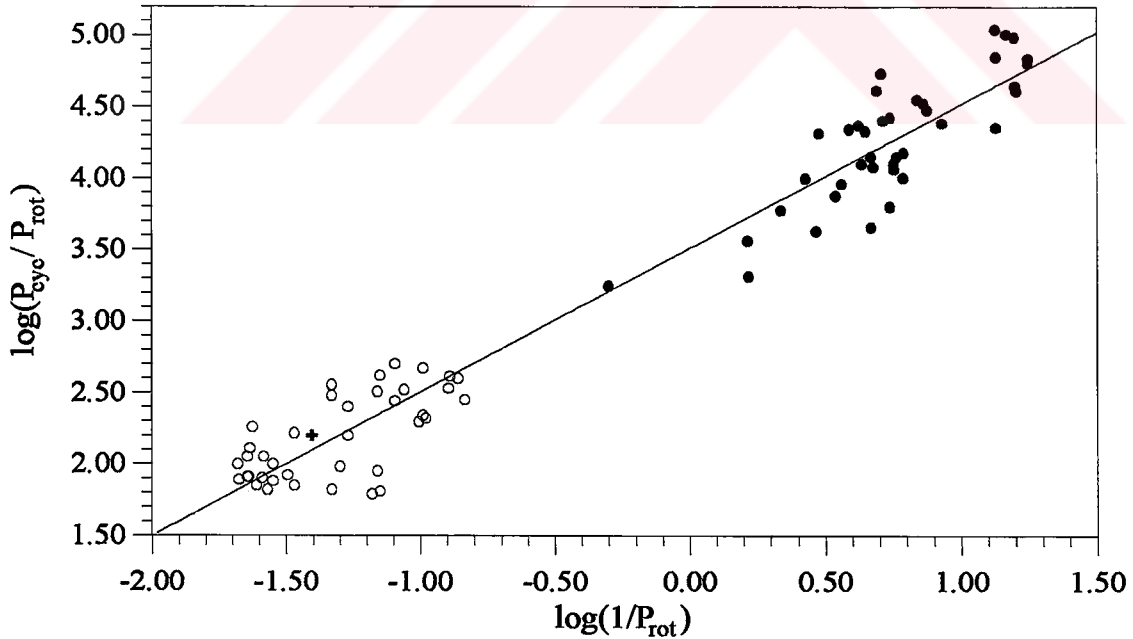


Şekil III-13. Manyetik çevrim sürelerinin (P_{cyc}), tekil anakol yıldızları için (a), cüce novalar için (b), tüm kataklismik değişenler için (c) ve tüm yıldızlar için (d) frekans dağılımları. Eğriler, histogramlara uygulanmış Gauss fitlerini göstermektedir. Tekil yıldızların verileri Baliunas ve ark.'dan [75], cüce novalar dışındaki kataklismik değişenlerin verileri Bianchini'den [58] alınmıştır. Tüm kataklismik değişenlere ait histogram, cüce novalar, novalar ve nova-benzeri yıldızların birleşik verilerinden elde edilmiştir. Tüm yıldızlara ait histogramda ise tüm kataklismik değişenler ve tekil anakol yıldızlarının verileri birleştirilmiştir.

Tekil anakol yıldızlarının manyetik etkinliklerinin bir ölçüsü olarak Soon ve ark. [78] tarafından sunulan ve Baliunas ve ark. [83] tarafından onaylanan P_{cyc}/P_{rot} oranının, kataklismik değişenlerin anakol bileşenlerinde de kullanılabilmesi mümkündür. Bu

sayede, Baliunas ve ark.'nın [83] sunduğu ve saçılma sebebiyle istatistik güven eksikliğini akla getiren [77], $\log(1/P_{\text{rot}}):\log(P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}})$ ilişkisi daha kısa dönme periyotlu anakol yıldızlarına genişletilerek, ilişkinin istatistik güveni tekrar değerlendirilebilir, daha yüksek dönme hızlarında bu ilişkinin durumu sorgulanabilir. $\log(1/P_{\text{rot}}):\log(P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}})$ ilişkisi, manyetik etkinlikle rotasyon arasındaki bağlantıyı gösterir; zira, $P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}}$ oranı kuramsal olarak dinamo sayısı ile orantılıdır: $P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}} \sim N_D^\beta$ ($0.3 < \beta < 0.9$). Baliunas ve ark. [83], β değerini tekil anakol yıldızlarının gözlemsel verilerinden hareketle 0.74 olarak verirler.

Baliunas ve ark.'nın $\log(1/P_{\text{rot}}):\log(P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}})$ diyagramına kataklismik değişenler de dahil edildiğinde, ilişkinin yüksek dönme hızlarındaki uzantısı ortaya çıkmaktadır (Şekil III-14). Her iki yıldız türünün verileri birleştirildiğinde, korelasyon için lineer katsayı $r=+0.98$ ($N=72$) çıkar. $P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}}$ oranını dinamo sayısına (N_D) ölçekleyen β değeri ise bu durumda 1.00 olur. Sadece kataklismik değişenlerin anakol bileşenleri için lineer korelasyon katsayısı $r=+0.84$ ($N=39$), tekil anakol yıldızları için ise $r=+0.68$ 'dir



Şekil III-14. Soon ve ark.'nın [78] anakol yıldızlarında (boş daireler) manyetik etkinliğin bir ölçüsü olarak önerdikleri aktivite çevrimi periyodu/rotasyon periyodu ($P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}}$) oranının, Baliunas ve ark. [83] tarafından rotasyon periyodu ile ilişkisini temsilen sunulmuş olan grafikte, kataklismik değişenlerin anakol bileşenleri (dolu daireler) ilişkinin yüksek dönme hızlı yıldızlar kısmında yer alırlar. Şekil'deki düz çizgi tüm yıldızların oluşturdukları veri setine uygulanan lineer fiti göstermektedir. (+) işareti Güneş'i temsil etmektedir.

(N=39). Görüldüğü gibi, kataklismik değişenlerin anakol bileşenleri için korelasyon katsayısı daha yüksektir. Bunun sebebi dönme periyotlarının bu sistemlerde çok daha hassas bir şekilde bulunabilmesi olmalıdır. Tekil yıldızların verileri ile kataklismik değişenlerin verileri birleştirildiğinde ise uyum çok iyidir.

Kataklismik değişenlerin anakol bileşenlerinin manyetik alan şiddetlerinin nicel tahminleri de, tekil anakol yıldızlarına benzerlikleri sayesinde mümkündür. Saar [84], güvenilir gözlemleri bulunan tekil anakol yıldızların dönme periyotları ve manyetik alan şiddetlerini listelemiştir. Bu yıldızlara benzerliklerinden hareketle kataklismik değişenlerdeki anakol bileşenlerinin manyetik alan şiddetlerinin 3-4 kG civarında olduğu söylenebilir.



IV- TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Cüce novaların AAVSO ve RASNZ'den alınmış, yaklaşık 16-95 yıl arasında değişen süreleri kapsayan uzun dönemli görsel ışık eğrilerinin incelendiği bu çalışmada, sistemlerin uzun dönemli ışık eğrisi parametreleri ilk kez bir seferde böylesine çok ışık eğrisi üzerinden ve önceki çalışmaların çoğundan farklı bir yolla ölçülmüş, literatürden derlenen bazı parametreler kendi veri setimize katılmış, ve veriler istatistik olarak değerlendirilmiştir. Verilerin fazlalığı ve ölçüm yönteminin getirdiği parametre zenginliği, parametrelerin geniş aralıkları kapsamı ve homojeniteleri sebebiyle, sistemlerin ortalama ışık eğrisi parametreleri sunulmuş, evvelce ulaşılamamış bazı sonuçlar elde edilmiş, konu ile ilgilenmiş araştırmacıların ortaya attıkları ancak kuşku uyandıran istatistik bulguların bazıları onaylanmış, bazıları ise reddedilmiştir. Bunlara ilave olarak, bazı ışık eğrisi parametreleri ile sistemlerin temel fizik parametresi olan yörünge periyodu arasındaki lineer gözlemsel ilişkiler, gerek bunların kuramsal ilişkilerle karşılaştırılması ile kuramın sorgulanmasında, gerekse kuramsal serbest parametrelere yarı-deneysel değerler veya sınırlar belirlenmesinde kullanılmışlardır. Bu çalışmada, ayrıca, çok azı için anakol bileşeninin Güneş-tipi manyetik aktivitesi ortaya konabilmiş olan cüce novaların büyük kısmının aktivite araştırması yapılmış, aktivite göstergelerinin ışık eğrisi parametreleri ve fizik parametreler ile daha önce ortaya konulamamış olan korelasyonları belirlenmiş, kataklizmik çift yıldızların anakol bileşenlerindeki manyetik aktivite ile tekil yıldızların manyetik aktiviteleri arasında bağlantı kurulmuştur. Çalışmamızda elde edilen temel sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

(I) Bu çalışmada, ilk kez böylesine geniş veri setleri üzerinden ve patlama süresi ile sakin evre süresinin sakin evre düzeyinde yapılmış ölçümleri birarada sunulmaktadır (Bölüm III-1). Cüce novaların ışık eğrisi parametreleri geniş aralıklardaki değerlere

ulaşırlar. Bununla birlikte, sistemler ışık eğrisi parametrelerinin alt gruplar bazındaki ortalamaları bakımından ele alınırlarsa, en uzun normal patlama ve çevrim süreleri U Gem sistemlerinde bulunur. En kısa süren patlamalar SU UMa sistemlerinin normal patlamaları, en sık tekrarlayanlar ise Z Cam sistemlerinin patlamalarıdır. En düşük iniş ve çıkış oranları da SU UMa sistemlerinin normal patlamalarında görülür. En yüksek genliklere ise Z Cam sistemlerinin patlamaları sahiptir.

Çevrim süresinin kütle transfer oranı ile ters orantılı olduğu göz önüne alınırsa [72] [73], Z Cam sistemlerinin U Gem sistemlerinden daha kısa çevrim sürelerine sahip olmaları anlaşılabilir. Zira, Z Cam sistemlerinin kütle transfer oranları tüm cüce novalar içinde en yüksek değerlerdedir [73]. Fakat U Gem ve Z Cam sistemlerinden daha düşük kütle transfer oranlarına sahip SU UMa sistemlerinin [7] normal patlama çevrim sürelerinin, bu çalışmadaki verilere göre Z Cam sistemlerinininkine çok yakın olması, çevrim süresi ile kütle transfer oranı arasındaki ilişkiye zıt bir durum teşkil eder. SU UMa sistemlerinde gözlenen normal patlamaların, U Gem ve Z Cam sistemlerindekiyle aynı şekilde tetiklendikleri düşünülürse bu durumun anlaşılması zordur. Kanımızca SU UMa sistemlerinin normal patlamalarına şöyle bir açıklama getirilebilir: SU UMa sistemlerinin yığılma disklerinin iç kısımları patlamaların yüksek sıklıkla meydana gelmesine yetecek bir yapıda ise, kısa patlamaların varlıkları ve sık tekrarlamaları mümkündür. Çünkü Smak'a göre diskin iç kısmında meydana gelen patlamalar kısa ve sık tekrarlayan patlamalardır [20]. Bu görüş, Lasota ve ark.'nın [25] süper patlamaların oluşum mekanizmalarını kütle transfer miktarının artışına dayandırdıkları çalışmaları ile de uyumludur. Zira, bazı sistemlerde sadece süper patlama görülür (WZ Sge sistemleri), ve Lasota ve ark.'na göre bu sistemlerde disklerin iç kısımlarındaki materyal çok seyrek. Bu durumda sadece süper patlama gösteren sistemlerle, süper patlamalara ilaveten normal patlamalar da gösteren SU UMa sistemleri arasında disk yapısı bakımından bir ayrım yapılmış olur. SU UMa sistemlerinin normal patlamalarının çevrim sürelerinde tespit ettiğimiz durumun açıklanması için yukarıda sunulan fikir, Lasota ve ark.'nın WZ Sge ile SU UMa ayrımı için önerdikleri modeli destekler niteliktedir.

(2) Uzun dönemli görsel ışık eğrileri incelenen U Gem ve Z Cam tipi cüce novaların, BV Cen, MU Cen ve CN Ori hariç her biri için patlama sürelerinin frekans dağılımları iki modludur (Bölüm III-2.1). Halbuki Szkody ve Mattei [36], elimizde verileri bulunan sistemlerden CZ Ori, RX And ve AH Her için de tek modlu patlama süresi frekans dağılımı iddiasında bulunmuşlardır. Çalışmamızda, Szkody ve Mattei'nin bu sonucunun doğru olmadığı anlaşılmıştır. Üstelik AH Her'de, uzun patlamaların ötesinde üçüncü bir patlama modu daha vardır. Söz konusu yazarlar, çalışmalarına çok itibar edilse bile, kullandıkları verilerin azlığı sebebi ile yanılığa düşmüşlerdir.

Patlama sürelerinin iki modlu frekans dağılımı, Smak'ın [20] disk kararsızlığı modeline dayanan, uzun patlamaların diskin dış kısımlarında, kısa patlamaların ise diskin iç kısımlarında meydana gelmeleri önerisi çerçevesinde anlaşılabilir bir durumdur. Fakat bu model tek modlu patlama süresi frekans dağılımlarını, ancak böyle frekans dağılımları sergileyen sistemlerin patlamalarının diskin sadece sınırlı bir bölgesinde oluşmaları ile açıklayabilir. Böyle sistemlerde patlama bölgesinin yerine elimizdeki verilerden karar verebilmek mümkün görünmemektedir. En azından üç sistem için tek modlu frekans dağılımları bulunması, van Paradijs'in [48] iki modlu dağılımların cüce novalarda genel bir özellik olduğu yönündeki fikrini de çürütür. SU UMa sistemlerinin normal patlamalarının tek modlu frekans dağılımı, (1)'de önerilen görüş çerçevesinde, yani normal patlamaların diskin sadece iç kısımlarında meydana gelmeleri ile anlaşılabilir, ve üstelik, SU UMa sistemlerinin normal patlamalarının frekans dağılımı bu görüşü destekler.

Eğer yığılma diskini halkalara böler ve patlamaların başlangıçtaki fiziksel duruma bağlı olarak farklı, ancak belirli iki ana yığılma bölgesindeki disk halkalarında başladıkları kabul edilirse, uzun ve kısa patlamaların kaynakları daha kolaylıkla anlaşılabilir. Hatta bu durumda AH Her'in gösterdiği üçüncü patlama modunu bile diskin en dışında üçüncü bir ana yığılma bölgesi ile açıklamak mümkün olabilir. AH Her'deki üçüncü patlama modu, eğer bileşen yıldızın bir etkisinin olmadığı varsayılırsa, uzun ve kısa patlamalar boyunca yüksek açısız momentumu diskin dış bölgelerine taşıyan disk maddesinin (Bkz. Bölüm I-2) birikiminin sonucu olabilir. Ancak böyle

patlamalar çok ender meydana geliyor olmalı ki incelenenler içinde sadece bir sistem için ve relatif olarak az sayıda bulunmuştur.

Çevrim sürelerinin (Bölüm III-2.2) ve sakın evre sürelerinin (Bölüm III-2.3) frekans dağılımları, açıkça iki modlu olmamalarına rağmen, çoğunlukla sağa çarpık, bazen iki modlu olduğu güçlkle fark edilebilen, HL CMA için ise -çevrim süreleri- iki modlu olan bir yapı arzederler. Cüce nova patlamalarını açıklama iddasındaki her iki modelde de (Disk kararsızlığı modeli ve kütle transferi kararsızlığı modeli) sakın evre sürelerinin patlama sürelerine göre değiştikleri ifade edilir. Öyleyse, sakın evre sürelerinin frekans dağılımı da iki modlu olmalıdır. Halbuki, sakın evre sürelerinin frekans dağılımlarından modellerin iddialarının açıkça desteklenmedikleri görülmektedir. Öyle anlaşılmaktadır ki, sistemlerin, patlama modellerine mutlak bağılıkları yoktur; disk yapısı ve belki de kütle transfer oranı disk kararsızlığı modelinde varsayıldığı gibi sabit kalmamakta, bir patlamanın miras bırakmış olduğu disk yapısı sonraki patlamayı etkilemektedir. Korelasyon analizlerinin sonuçlarından bahsedilirken dikkat çekileceği üzere, kütle transfer miktarının çevrim süreleri ile karşılaştırılabilir zaman ölçeklerinde sabit kaldığını gösterir bulgular elde edilmesine rağmen, bu durum, kütle transfer miktarının uzun dönemlerde de sabit kalacağının göstergesi değildir.

Sistemlerin iniş ve çıkış oranlarının frekans dağılımları genelde normal dağılımlar sergilerlerken (Bölüm III-2.4), HL CMA'nın iniş, RX And'ın ise çıkış oranlarının frekans dağılımları iki modludur. Korelasyon analizleri kısmında görülebileceği üzere, bu iki sistemde patlama süreleri sözkonusu parametrelerle ilişkilidir: Patlama süresi, HL CMA için iniş, RX And için çıkış oranı ile pozitif korelasyon halindedir. Bu sebeple iki modlu dağılımlar göstermeleri, korelasyon analizlerinin sonuçları ile tutarlıdır.

(3) İlk kez böylesine geniş ve homojen bir veri seti üzerinden her bir sistemin ışıık eğrisi parametrelerinin kendi aralarındaki lineer korelasyonlarının araştırıldığı Bölüm III-3.1'de, patlama modellerinin hiçbirini açıkça destekler nitelikte korelasyonlar

elde edilememiştir: Patlama süresinin ne kendinden önceki sakın evrenin süresi ile (disk kararsızlığı modeli, $t_{b_i}; t_{q_{i-1}}$ korelasyonu), ne de kendinden sonraki sakın evrenin süresi (kütle transferi kararsızlığı modeli, $t_{b_i}; t_{q_i}$ korelasyonu) ile genel anlamda ilişkisi vardır. Hemen belirtmek gerekir ki, bu korelasyon analizinde kullanılan sakın evre süreleri ve patlama süreleri sakın evre düzeyinden ölçülmüşlerdir. Yani, daha önceki bazı çalışmalarda olduğu gibi (örneğin, [29] [34] [50]), birbirlerini kısmen ya da tamamen içeren parametreler korelasyon analizlerinde kullanılmamıştır. Çalışmamızda, patlama süresi ve sakın evre süresi arasındaki korelasyon analizleri ile elde edilen bu bulgu her iki patlama modelini de zorlar. Patlama modellerini korelasyon analizleri ile ortaya konabilecek öngörülerini bakımından sınamak istediğimizde karşılaşılan bu durum, modelleri çürütmekten ziyade, birleştirilmeleri fikrini, ya da tanımlanmalarında kullanılan parametrelerin zamana bağlı değişimlerini hatıra getirir. Yani, disk kararsızlığı modelinin söylediğinin aksine kütle transfer miktarı değişmesine rağmen, kütle transferi kararsızlığı modelinin iddiasının aksine, değişim, patlamaların tekrarlama sıklıkları ile mukayese edilebilir zaman ölçeklerinde olmamalıdır. Üstelik, (2)'de belirtildiği gibi, disk parametreleri de zamanla değişmeli, bir patlamanın ardında bıraktığı disk yapısı, olduğu zamanki disk yapısından farklı olmalıdır.

Üç sistemde (SS Cyg, U Gem ve V442 Cen) kısa bir patlamanın ardından uzun bir patlamanın gelmesi olasılığı, tekrar kısa bir patlamanın gelmesi olasılığından fazladır. Dış diskte biriken materyalin özelliklerinin uzun bir patlamanın tetiklenmesini sağlayabilecek düzeyde olmaması halinde, kısa patlamaların arka arkaya gelmesi disk kararsızlığı modeli çerçevesinde anlaşılabilir. Uzun patlamaların arasındaki kısa patlama serileri, Cannizzo tarafından [66] [67] disk kararsızlığı modeli çerçevesinde, dış disk yarıçapının, kütle transfer oranının ve yığılma diski viskozitesinin zamana bağlı şekilde değiştirilmesi yolu ile kuramsal olarak elde edilmiştir.

Szkody ve Mattei [36] burada verileri incelenen yıldızlardan CZ Ori ve AH Her için patlama süresi-iniş oranı korelasyonları önermişlerdir. Halbuki yazarların bulguları çalışmamızda onaylanmamaktadır.

Patlamada ulaşılan maksimum parlaklık değeri, tıpkı patlama süresi gibi patlama şiddetinin bir göstergesidir. Bu sebeple cüce novalarda, patlama süresi arttıkça patlamada ulaşılan maksimum parlaklığın da artması beklenir. CN Ori'nin patlamalarında ve VW Hyi ile WX Hyi'nin normal patlamalarında bu korelasyonun bulunamaması, bahsi geçen sistemlerin patlamalarının frekans dağılımları tek modlu olduğu için beklenen, ve farklı analiz yöntemlerinin sonuçlarının birbirlerini onaylar yönde olması bakımından dikkat çekici bir sonuçtur.

Bir patlamadan sonraki sakin evre süresi ile önceki sakin evre süresi arasında, verileri yeter sayıda olan beş sistem için açık, bir sistem için ise muhtemel pozitif korelasyonlar vardır. Bu bulgu, temelde kütle transfer oranına bağlı olan sakin evre süresinin -dolayısıyla kütle transfer oranının-, en azından kısa dönemlerde önemli değişkenliği olmadığı anlamına gelir, ve yukarıda $t_{b_i}:t_{q_i}$ ve $t_{b_i}:t_{q_{i-1}}$ korelasyonları tartışılırken ulaşılan sonucu destekler.

Işık eğrisi parametrelerinin tek tek yıldızlar için yapılan korelasyon analizlerinden, her ne kadar modelin temel varsayımında bir düzeltme yapılarak kütle transfer miktarının uzun dönemlerde değişmesi öngörölse de, cüce nova patlamalarının disk kararsızlıklarının sonuçları oldukları söylenebilir. Zira, kütle transferi değişimleri patlamaların tekrarlama sıklıklarından çok daha uzun zaman ölçeklerinde meydana gelmektedirler. Süper patlamalar ya da duraksamaların açıklanmasında olduğu gibi, kütle transferi değişimlerine ihtiyaç duyulabildiği de unutulmamalıdır (Bkz. Bölüm I-2). Öyleyse, disk kararsızlığı modelinden beklenen $t_{b_i}:t_{q_{i-1}}$ korelasyonunun çıkmamasının sebebi, patlamaların disk üzerindeki etkileri sonucu, disk parametrelerinde meydana gelen zamana bağlı değişimlerdir.

(4) Ortalama ışık eğrisi parametreleri arasında da lineer korelasyon analizleri yapılmış (Bölüm III-3.2), veri setinin genişliği ve ölçüm tekniği gözönüne alınarak, evvelce yapılmış çalışmalardan daha güvenilir sonuçlar bulunmuştur. Buna göre, patlama süresi arttıkça iniş oranı, çıkış oranı ve maksimum mutlak parlaklık artmaktadır. Dolayısı ile iniş ve çıkış oranları arttıkça, maksimum mutlak parlaklık da

artar. Sözkonusu parametreler sistem aktivitesinin genel olarak aynı dönemine, patlama evresine, karşılık geldiklerinden birbirleri ile ilişkili olmaları beklenebilir. Üstelik, maksimum mutlak parlaklık ve patlama süresi, patlama şiddetinin göstergeleridir. Aktivitenin iki farklı evresine bakıldığında ise, patlamadaki parametrelerle sakin haldeki parametreler arasında da ilişkiler elde edilmiştir. Örneğin, sakin evredeki mutlak parlaklık arttıkça iniş ve çıkış oranları da artmakta, yani patlamaya çıkış ve patlamadan iniş kolları sığlaşmaktadır. Bu durum, sakin evre boyunca diskte biriken materyal miktarının fazla olması halinde, iniş ve çıkış evrelerinin daha uzun sürmesi anlamına gelir, ve disk kararsızlığı modeli çerçevesinde anlaşılabilir. Böylece, gözlemsel karakteristikleri daha iyi açıklayan disk kararsızlığı modeline göre patlama evresinin hazırlayıcısı olan sakin evrenin, ışık eğrisi parametreleri bakımından patlama evresi ile gözlemsel bir bağlantısı ortaya çıkartılmış olmaktadır.

Ortalama patlama süresinin, sakin evredeki ortalama parlaklık ile korelasyonu elde edilememiştir. Fakat, bu korelasyon bölgesel sakin evre parlaklıkları ve uzun dönemli hareketli ortalamalar yöntemi kullanılarak elde edilebilmiştir (Bkz. (7)).

İniş ve çıkış oranı arasında elde edilen pozitif korelasyon, her iki parametrenin patlama süresi ile ilişkili olması sebebiyle beklenir. Bu gözlemsel ilişki, patlamanın tetiklenmesinin ardından ısınma cephesinin yayılma safhasında yaratılan fiziksel koşulların, patlama maksimumundan sonra gelen iniş evresini etkilediğinin açık bir göstergesidir.

Eğer Warner'in [68] yapmış olduğu gibi SU UMa sistemlerindeki süper patlamaların çevrim süreleri bu sistemlerin çevrim süreleri olarak kabul edilirse, çevrim süresinin logaritması ile sakin evredeki minimum mutlak parlaklık, ortalama mutlak parlaklık ve patlama genliği ilişkili çıkar. Ancak bu ele alış tarzı kuşku doğurmaktadır; zira, mekanizmaları farklı olduğu iddia edilen [25] iki tür patlamanın verileri birbirine karıştırılarak kullanılmaktadır. Süper patlama ve normal patlama verilerinin gözlemsel yolla karşılaştırılması ise sadece bir tek halde mümkündür: süper patlamalar ile normal patlamaların çevrim süreleri pozitif korelasyon halinde çıkmaktadır. Tetiklenme

mekanizmaları farklı olsa bile, sonuçta süper patlamalar da normal patlamalar gibi disk olayları olduklarından birbirleri ile böyle bir bağlantının bulunması sürpriz olamaz. Aslında ortalama çevrim süresi ile diğer ışık eğrisi parametreleri arasında elde edilen korelasyonlar hiç de güvenilir sonuçlar veremezler. Hatta, Cannizzo ve Mattei'nin [31] ifadesi ile, böyle korelasyonlar sahtedir. Çünkü, çevrim süresi diğer ışık eğrisi parametrelerini kısmen ya da tamamen içerir, ve bu, ölçüm ve analiz teknikleri ile üstesinden gelinemeyecek bir sorundur. Ancak çevrim süreleri, patlama aktivitesi ile sakın evreyi bir bütün olarak kapsadıklarından, süper patlamalar ile normal patlamaların çevrim sürelerinin ayrı ayrı kullanılması halinde, çalışmamızda da yapıldığı gibi (Bölüm III-3.2 ve III-3.3) en azından fizik parametreler ya da mutlak parlaklıklar ile korelasyonlarının araştırılmasında kullanılabilirler.

Uzun sakın evre sürelerine sahip sistemlerin sayıca azlığı, sakın evre süresi uzadıkça sakın evre parlaklığının azalması yönünde elde edilen korelasyona duyulan güveni sarsabilecek olsa bile, ileride görüleceği üzere bölgesel görünür parlaklıklar kullanıldığında uzun dönemli hareketli ortalamalar yöntemi de aynı sonucu verdiğinden, korelasyon doğrudur. Bu noktada, disk kararsızlığı modeli çerçevesinde düşünüldüğünde, sistemin ortalama kütle transfer miktarı ile ortalama sakın evre süresi arasında ters bir korelasyon olması gerektiği hatırlanmalıdır [72]: Kütle transfer miktarı az ise, diskte patlamayı başlatacak maddenin birikim safhası doğal olarak daha uzun sürecektir. Böylece, düşük ortalama kütle transfer miktarına sahip sistemlerin, sakın evrede genel olarak daha sönük oldukları söylenebilir.

(5) Ortalama ışık eğrisi parametreleri, birbirleri ile olduğu gibi, sistemlerin fizik parametreleri ile de ilişkilidirler (Bölüm III-3.3). En temel fizik parametre olan yörünge periyodu; normal patlama süresi, minimum ve maksimum mutlak parlaklık, iniş ve çıkış oranları ile korelasyon halindedir. Veri seti derleme verileri zenginleştirilerek, böylesine geniş ve tutarlı ölçümlere dayanan bir veri seti üzerinden ilk kez olmak üzere ışık eğrisi parametrelerinin yörünge periyoduna bağlılıkları,

$$\Delta t_{\text{dec}} = 0.324(\pm 0.030) P + 0.291(\pm 0.159)$$

$$\Delta t_{\text{rise}} = 0.131(\pm 0.022) P + 0.213(\pm 0.103)$$

$$t_b = 1.412(\pm 0.165) P + 2.484(\pm 0.885)$$

şeklinde ifade edilebilirler. Burada, yörünge periyodunun (P) birimi saat, iniş ve çıkış oranlarının (sırası ile Δt_{dec} ve Δt_{rise}) birimleri gün/^m, patlama süresinin (t_b) birimi ise gündür. Patlama süresi ile yörünge periyodu arasındaki ilişkinin sunulması sırasında tüm sistemler kullanılmamış, yüksek saçılma gösteren GK Per ve V442 Cen değerlendirme dışı bırakılmıştır. Yörünge periyodu, periyot boşluğunun üzerindeki sistemler için görünür minimum parlaklıkla da ilişkili çıkmasına rağmen, görünür parlaklığın sistem dışı etkenlere bağlılığı sebebiyle bu konuda güvenle hüküm verilemez. Açıktır ki bu korelasyonlar, sistemin fizik özellikleri ile gözlemsel ışık eğrisi parametreleri arasındaki fiziksel ilişkileri yansıtmaktadırlar, ve kuramcılar tarafından dikkate alınmalıdırlar.

Bileşen yıldızın kütlesi yörünge periyoduna doğrudan bağlı olduğundan [7] [53], bu parametre yörünge periyodunun ilişkili olduğu her ışık eğrisi parametresi ile korelasyon halindedir. Fakat, çalışmamızda, Szkody ve Mattei [36] ve Gieger'in [50] aksine, ilk kez ışık eğrisi parametreleri ile beyaz cüce kütlesi (M_1) arasında korelasyonlar bulunmuştur, ve bu korelasyonlar disk kararsızlığı kuramının beklentileri ile uyumludur [71]. Üstelik, disk kararsızlığı modelinin beklentilerine uygun şekilde patlama süresinin (t_b) beyaz cüce kütesine bağlılığı nispeten zayıftır. Bağlılık, çalışmamızda,

$$t_b = 14.199(\pm 3.631) M_1 - 3.332(\pm 3.334)$$

şeklinde bulunmuştur. Burada, patlama süresinin birimi gün olup, beyaz cüce kütlesi Güneş kütlesi birimindedir. İlginçtir ki, böyle bir ilişki modelden beklenirken, kendi çalışmalarında beyaz cüce kütesinin ortalama ışık eğrisi parametreleri ile korelasyon halinde çıkmamasına, yukarıdaki yazarlar dikkat çekmemişlerdir. Halbuki, sistemin bütünü üzerinde çekimsel etkileri olan beyaz cücenin gözlenebilir parametrelerdeki etkilerinin de varlığı beklenmelidir. Bu noktada, kullandığımız veri setinin önceki

çalışmalara olan üstünlüğü, ve bu sebeple elde ettiğimiz sonuçların güvenilirliği bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, patlama süresinin yörünge periyodu ile, ve yörünge periyodunun bileşen yıldız kütlesi ile korelasyonlarından hareketle, yörünge periyodu ve bileşen yıldız kütlesi bilinmeyen CY Lyr, FQ Sco, UY Pup, FO Per ve AT Ara için, sırasıyla $2.14(\pm 0.79)$, $3.20(\pm 0.90)$, $3.60(\pm 0.94)$, $5.89(\pm 1.18)$, ve $6.42(\pm 1.23)$ saatlik yörünge periyotları, ve $0.18(\pm 0.07)$, $0.31(\pm 0.09)$, $0.36(\pm 0.09)$, $0.64(\pm 0.13)$, ve $0.71(\pm 0.13)$ $M_{\odot}$ 'lik bileşen kütleleri önerilmiştir.

(6) Cüce novaların O-C eğrileri (Bölüm III-4), kütle transfer oranı ile ters orantılı olan çevrim süresinin zamanla değişim gösterip göstermediği sorusuna görsel olarak cevap aranmasında kullanılırlar. Bu çalışmada, uzun dönemli görsel ışık eğrileri bu yöntemle incelenen sistemlerin hepsinde çevrim süresinin (dolayısı ile kütle transfer oranının) uzun dönemlerde değiştiği gösterilmiştir. Fakat O-C eğrileri değişimlerin ayrıntıları hakkında bilgi vermekten uzaktırlar; sadece genel bir fikir verebilirler. O-C eğrilerine dayanarak, en azından gözlenebildikleri süreç boyunca cüce novaların kütle transfer oranlarında genel bir düşüş meydana geldiği söylenebilir. Bu değişimin çevrimsel olup olmadığı, bazı sistemlerde ilerleyen yıllarla tersine bir eğilim ortaya çıksa bile açık değildir. Fakat, kütle transfer oranının çok uzun dönemlerde genel olarak azalma yönünde -ancak çok az- değiştiği açıktır, ve bu durum bileşen yıldızın manyetik frenlenmesine dayanan kuramsal beklentileri [7] teyit etmektedir. Bununla birlikte, Z Cam sistemlerinin duraksamaları arasında O-C eğrilerinin eğilimleri birbirinden farklı olabilir. Bu sistemlerin O-C eğrilerinin daha ayrıntılı bir incelemesi, Z Cam dışındaki cüce novalarda duraksamaların net şekilde tespit edilememesi sebebiyle mümkün olmamıştır. Fakat özel olarak Z Cam'ın duraksamaları dikkate alınırsa, duraksamalar arasındaki eğilimlerin bazen ters yönlü olması kuramlarca açıklanmaya muhtaçtır. Z Cam'ın bu durumu, duraksamaların açıklanmasında duyulan kütle transferi artışı [11], ve bu sistemlerin kütle transfer oranlarının kritik kütle transfer oranına yakınlığı [12] O-C eğrilerinin davranışının açıklanmasında önemli olabileceği gibi, duraksamaların açıklanmasında da O-C eğrilerinin şekli dikkate alınmalıdır.

Verileri yüksek sayıda olan SU UMa tipi cüce nova VW Hyi'nin süper ve normal patlamalarının O-C eğrileri farklı eğilimler gösterir. Bu farklılık, iki tip patlamanın mekanizmalarının da farklı olduğu yönündeki görüşleri destekler niteliktedir [25]. Çevrim süresinin değişimi, kütle transfer oranına bağlı olarak, bileşen yıldızın uzun dönemli manyetik aktivitesinden kaynaklanabilir [55] [39]. Ancak O-C eğrileri ile bu konuda daha fazla bir şey söylemek mümkün görünmemektedir.

(7) Işık eğrisi parametrelerinin uzun dönemli hareketli ortalamaları (Bölüm III-5), bu parametreler üzerinde etkili olan sistem bileşenlerinin uzun dönemli değişimleri hakkında O-C diyagramlarından biraz daha ayrıntılı fikir verebildikleri gibi, parametreler arasındaki korelasyonların araştırılmasında da kullanılabilirler. Uzun dönemli hareketli ortalamalar yönteminin sonuçlarına göre, ışık eğrisi parametrelerinin (özellikle yüksek sayıda verisi elde edilebilen sistemlerde) zamanla periyodik değişimlerinin izleri görülmektedir. Fakat bundan emin olunamadığı gibi, varlıkları ancak farkedilebilen değişimlere, uzun dönemli hareketli ortalamalar yöntemi ile periyodisite atfedilebilmesi de mümkün değildir. Bununla birlikte, şimdiye kadar bu tür bir analize tabi tutulmamış olan sistemleri de içerecek şekilde ışık eğrisi parametreleri arasında uzun dönemli korelasyonlar araştırılabilmiştir. Öyle görünmektedir ki, tek tek patlamalara bakıldığında ilişkili çıkmamalarına rağmen, patlama süresi ile sakın evre süresi uzun dönemlerde pozitif korelasyon halindedirler. Disk kararsızlığı modeli çerçevesinde, tek tek yıldızlar için sakın evre süresi arttıkça diskte biriken materyal miktarı artacağından, patlama süresinin de uzaması beklenir. Aynı şekilde, sakın evre parlaklığının düştüğü dönemlerde patlama sürelerinin genel olarak uzadığı da gözlenmiştir. Halbuki, korelasyon analizleri böyle bir ilişki vermez (Bkz. (4)). Her iki patlama modelinin bu yöndeki öngörülleri, tek tek patlamalar için gösterilemeseler bile, uzun dönemlerde gözlemsel bağlamda kanıtlanmışlardır. Bununla birlikte, kullanılan analiz tekniği modeller arasında bir seçim yapılmasını maalesef sağlayamaz.

Patlama süresi (tb) ile çevrim süresi (tc) arasında da genelde pozitif korelasyonlar bulunmasına rağmen, bu durum, çevrim süresinin patlama süresini içermesi sebebiyle beklenebilir. Bununla birlikte patlama süreleri ile çevrim sürelerinin

birbirlerine göre değişimlerine dair kuramsal öngörüler de vardır. İki cüce nova patlama modelinin bir bileşimini hesaplayan Duschl ve Livio'nun [72] çalışması ile uyumlu sonuçlar elde etmiş olan Ichikawa ve Osaki [73], kütle transfer oranının düşük (veya yüksek) olduğu dönemlerde kısa (veya uzun) patlamaların sayısında artış öngörmüşlerdir. Çalışmamızda, t_b ve t_c 'nin birbiri ile pozitif korelasyon halinde olması bahsi geçen öngörüye zıt bir durum teşkil eder. Zira kütle transfer oranı azaldığında çevrim süresi (ve sakin evre süresi) uzayacağından, ve kuramsal öngörüye göre kısa patlamaların sayısı artacağından, korelasyon negatif olmalıdır. Kütle transfer oranında kısa dönemli değişimler zaten beklenmediğinden, buradaki kuram-gözlem uyumsuzluğunu büyük ihtimalle viskozitenin diskin dışına taşınan manyetik alan sebebiyle değişimi, ve böylece uzun patlamaların sayılarının artışı, açıklayabilir [66].

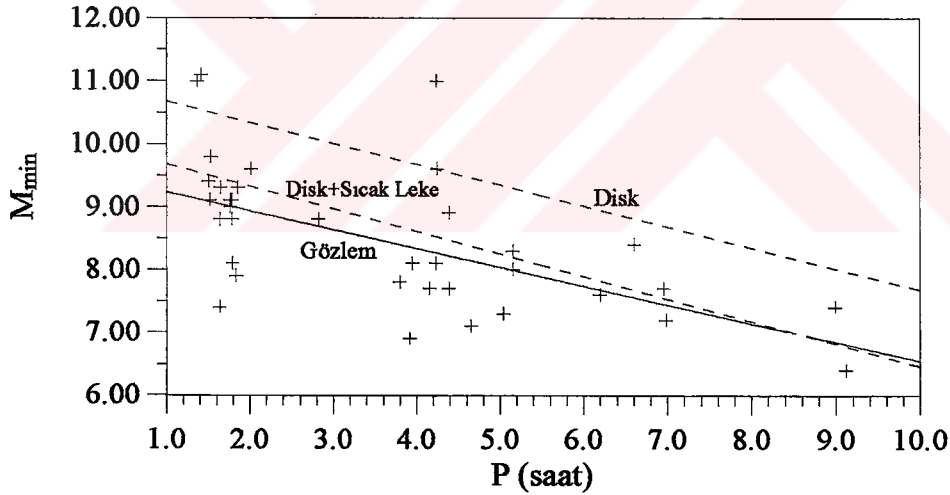
(8) Patlama süresi ve yörünge periyodu arasındaki ilişkinin disk kararsızlığı modelinden elde edilen kuramsal ifadesi [20] [50] ile, bu çalışmada sunulan gözlemsel ifadesi karşılaştırılarak (Bölüm III-6), patlama evresindeki viskozite sabiti α_H için yörünge periyoduna yarı-deneysel bir bağlılık elde edilmiştir. Bu parametrenin $1^h.33 < P < 10^h.5$ aralığındaki ortalama değeri çalışmamızda 0.11 olarak bulunmuştur, ve bu değer Cannizzo, Shafter ve Wheeler'ın [71] disk kararsızlığı modelinin kuramsal hesapları ve gözlemsel çevrim sürelerinin karşılaştırılmasından hareketle verdikleri 0.1 ile uyumludur. Aynı şekilde, çalışmamızda SU UMa sistemleri için bulunan 0.33 'lük ($1^h.33 < P < 2^h.00$) değer de Warner'in [61] gene çevrim sürelerinden hareketle vermiş olduğu 0.3 ile uyumludur. Çalışmamızda, α_H 'a ilk kez böylesi geniş bir veri seti üzerinden yarı-deneysel bir ortalama değer atfedildiği gibi, gene ilk kez α_H 'ın yörünge periyoduna bağlılığı elde edilmiştir (Bölüm III-6.1):

$$\ln \alpha_H = -1.12 \ln P - 0.57 \quad (1^h.33 < P < 10^h.5)$$

Smak'ın [20] disk kararsızlığı modelinden itibaren sunduğu kuramsal "iniş oranı-yörünge periyodu" değerleri ile bu çalışmada oluşturulan veri setinden alınmış gözlemsel değerlerin karşılaştırılması (Bölüm III-6.2), uzun yörünge periyotlarındaki ayrılma bir kenara bırakılırsa, nicel kuram-gözlem uyumunun dikkate değer derecede iyi olduğunu göstermektedir. Uzun yörünge periyotlarındaki kuram-gözlem uyumunun

eksikliği, çok muhtemelen, uzun yörünge periyotlu sistemlerdeki disk yapıları ile kütle transfer oranı gibi bazı parametrelerin modelde kabul edilenlerden farklı olmasıdır. Kısa yörünge periyotlarında modelin daha başarılı olmasının sebebi ise, yukarıda söylenenin aksine, Smak'ın bizim gözlemlerden itibaren bulduğumuz 0.11'e çok yakın (0.1) bir α_H değeri kullanmasıdır.

Disk kararsızlığı modelinin nicel öngörülerini, kuramın tutarlılığını sınamak adına, her ne kadar bu çalışmada hesaplanmamış olsalar dahi, bir kez de sakın evredeki ortalama mutlak parlaklıklar açısından ele alalım. Smak [20] çalışmasının Tablo-I'inde, disk kararsızlığı modelinden itibaren bulunduğu kuramsal sakın evre parlaklıklarını da yörünge periyoduna bağlı şekilde vermektedir. Sadece kuramsal disk parlaklıkları dikkate alındığında, Warner'in [68] verdiği gözlemsel sakın evre parlaklıkları ile kuram arasında nitel bir uyum olmasına rağmen, kuramsal parlaklıklarda yaklaşık 1.5^m'lik bir düzeltme yapılması gerektiği ortaya çıkar (Şekil IV-1). Sakın evre parlaklığına önemli



Şekil IV-1. Smak'ın [20] verdiği yörünge periyodu-sakin evre görsel mutlak parlaklığı kuramsal ilişkisinin gözlemsel ilişki ile mukayesesi. (+) işaretleri gözlemsel değerleri, düz çizgi ise gözlemsel değerlere uygulanan lineer fiti göstermektedir. Kesikli çizgiler modeli temsil etmektedir.

katkısı olması [31] sebebiyle daha tutarlı görünen, ve disk+sıcak leke parlaklığını birlikte veren hesaplardan elde edilmiş kuramsal sakın evre parlaklıkları ile gözlemsel olanların uyumu ise, en kısa yörünge periyotlarında 0.5^m'e yaklaşan bir düzeltme gerekmesine rağmen, çok daha iyidir. Uyumsuzluğun bir kısmı, büyük ihtimalle, hesaplarda dikkate alınmayan ve sakın evre parlaklığına katkısı gözardı edilemeyecek

büyükölükte olan bileşen yıldızdan kaynaklanmaktadır. Hangi parametrenin bu farklılığa sebep olduğunu bulmak, kuramın çok daha ayrıntılı bir irdelemesini gerektirmektedir. Smak'ın çalışmasına bakıldığında, kütle transfer oranlarının genelde bu tür sistemler için kabul edilen gözlemsel değerlerde oldukları anlaşılır [85]. Uyumsuzluğun kökeninde çok muhtemelen disk yarıçapının, disk sıcaklığının, ya da diskteki materyal miktarının, olduklarından küçük kabul edilmeleri bulunabilir. Bir sorun da çok daha az bilinen bir parametre olan sakın evredeki α sabitidir (α_C). Zira, patlama evresindeki viskozite sabitinin (α_H) zamana bağılı değişimlerini de hesaba katan ve disk kararsızlığı modeline dayanarak yörünge periyodu-maksimum mutlak parlaklık ilişkisini kuramsal yolla hesaplayan Cannizzo [69], gözlemlerle uyumlu sonuçlar elde etmiştir.

Aynı modelin çevrim süresi-yörünge periyodu dağılımına yerleştirilen kuramsal eğrileri (Bölüm III-6.3), bu çalışmada bulunan $\alpha_H = 0.11$ alınması halinde, çeşitli kütle transfer oranlarında gözlemsel değerlerle çakışmaktadırlar. Gerçekte yörünge periyodu ile çevrim süresi arasında gözlemsel bir ilişki yoktur (Bkz., Bölüm III-3.2). Bununla birlikte kuramın öngördüğü kütle transfer oranları gözlemsel değerlerle uyumludur [85]. Yukarıda görüldüğü gibi gözlemsel karakteristiklere kuramsal yolla oldukça iyi yaklaşılabilmektedir. Fakat gözlem-kuram karşılaştırılmasına göz atıldığında, sakın evre özelliklerine kuramsal bakış açısında eksiklikler olduğu anlaşılmaktadır. Bu sebeple, giriş parametrelerinin değiştirilmesi yolu ile her sistem için kuram-gözlem uyumu sağlanabilecek olsa da, çevrim süresinin kuvvetle bağılı olduğu sakın evredeki viskozite sabitinin (α_C), ve sakın evre boyunca diskte biriken materyal miktarının temsilcisi ζ 'nın yarı-deneysel hesap yöntemine ilişkin kuramsal yaklaşımın bir kez daha gözden geçirilmesi gerekmektedir. Zira, kuram ancak α_C 'nin α_H 'a yakın yüksek değerlerinde (ki kurama göre mümkün değildir) veya ζ 'nin 1 civarındaki değerlerinde (ki gözlemler böyle bir değer vermez) gözlemsel çevrim süreleri ile uyumlu sonuçlar vermektedir. Bunun anlamı, sakın evre boyunca diskte birikmesi, ve patlama boyunca beyaz cüce üzerine yığılması beklenen materyal miktarlarının kuramda tahmin edilenin üzerinde olmasıdır.

Sonuç olarak, kuramsal bakımdan çevrim süresi ile yörünge periyodu arasında bir ilişkinin varlığının öngörülmesi, ancak gözlemlerin böyle bir ilişkiyi onaylamaması gözönüne alındığında; Şekil III-10'da gözlemsel verilerin saçılması, çevrim süresinin hesaplanmasında kullanılan parametrelerin, özellikle viskozite sabitlerinin, diskte biriken kütle ve beyaz cüce üzerine yığılan kütle miktarlarının kuramda öngörüldüklerinden daha farklı etkenlere de bağlı olduklarını, ya da en azından, öngörülen etkenlerle daha farklı şekilde değiştiklerini gösterir. Diskte indüklenen ya da bileşen yıldızdan taşınan manyetik alan, disk materyalinin beyaz cüce civarında sistemden uzaklaştırılması, bileşen yıldızdaki yıldız lekeleri gibi çeşitli, ve henüz hesaba katılamamış etkenler bu saçılmanın sebepleri olabilir [25] [66] [11] [86] [14].

Bu noktaya kadar yapılan karşılaştırmalar ve değerlendirmeler ışığında, cüce nova patlamalarını açıklama iddasındaki disk kararsızlığı modelinin gözlemleri genel olarak açıklamadaki başarısı onaylanmış görünmektedir. Buna rağmen, özellikle ışık eğrisi parametrelerinin nicel değerlerine kuramsal ifadelerle yaklaşılmak istendiği zaman, disk parametrelerine kuramsal bakış açılarının tekrar gözden geçirilmesinin gereği ortaya çıkmaktadır.

(9) Bazı kataklismik değişenlerin bileşen yıldızlarında Güneş-tipi manyetik çevrimlerin varlığı bilinmektedir [57] [58]. Çalışmamızda, büyük çoğunluğunun verilerine daha önce Fourier periyot analizleri yöntemi uygulanmamış sistemlere, ve cüce novaların sakin evre parlaklıklarına bu yöntem ilk kez uygulanarak, sistemlerin 2.67-22.50 yıl arasında değişen aktivite çevrim periyotları ve aktivitenin sakin evre parlaklıklarındaki 0.09^m - 0.46^m arasında değişen genliği bulunmuştur (Bölüm III-7). Böylece çalışmamızdaki zengin veri seti üzerinden, çevrim genliğinin ışık eğrisi parametreleri ile ilişkileri, ve bileşenin manyetik aktivitesinin ışık eğrisi parametreleri üzerindeki rolü ilk kez araştırılmıştır.

Bileşen yıldızın manyetik çevrimleri, kütle transfer oranının periyodik değişimlerine sebep olacağından, bileşendeki manyetik etkinlik, kendisini, çevrim sürelerinin, patlama sürelerinin ve sakin evre parlaklıklarının periyodik değişimleri ile

gösterir [55] [56] [57] [58] [59]. Bu ışık eğrisi parametrelerine uygulanan zaman serisi analizi yöntemleri aktivite çevrimlerinin bulunmasını sağlar. Böyle bir yöntemin aynı spektral tipten (G-K-M) tekil anakol yıldızlarına özdeş bileşen yıldızlar içeren [53] kataklismik değişenlere uygulanması, anakol yıldızlarındaki manyetik etkinlik araştırmalarında karşılaşılan gözlemsel sorunların altedilmesi yönünde avantajlar sağlar:

1) Yıldızın uzun dönemli takibinin gerektirdiği gözlemler tekil yıldızlarda çok azdır. Halbuki kataklismik çift yıldızların uzun dönemli gözlemleri vardır, 2) Sonuçların analizi aşamasında yıldızın rotasyon periyoduna (P_{rot}) ihtiyaç olmasına rağmen, tekil yıldızlarda bu niceliğin belirlenmesinde sorunlar vardır. Halbuki kataklismik çift yıldızlardaki anakol bileşenleri sistemin yörünge periyoduna kilitlenmiştir, ve bu parametre çok hassas bir şekilde belirlenebilir. Bu avantajlar sebebi ile, kataklismik çift yıldızların anakol bileşenlerinin manyetik aktivite araştırmaları, tekil yıldızların aynı konudaki araştırmalarına ivme kazandırabileceği gibi, bileşenin manyetik etkinliğinin ışık eğrisi parametreleri üzerindeki etkilerinin ortaya konulması yoluyla bunun disk üzerindeki etkileri de anlaşılabilir.

Elimizde verileri bulunan cüce novaların çevrim periyotları (P_{eye}) ve sakin evre parlaklıklarındaki çevrim genlikleri (Δm), Fourier periyot analizleri yöntemi ile belirlenmiş ve Tablo III-12'de listelenmiştir. Çalışmamızın sonuçlarına göre, tek tek sistemler için çevrim periyodu 2.67 ile 22.50 yıl arasında değişmesine rağmen, alt gruplar bazında ortalama çevrim periyotları U Gem, Z Cam ve SU UMa sistemleri için sırasıyla 7.50, 8.40 ve 11.26 yıldır. Tüm sistemler için ortalama çevrim periyodu ise 9.05 yıldır. Çevrimin sakin evre parlaklıklarındaki genliği SU UMa sistemleri için en yüksek ortalama değerdedir. Dolayısıyla, bu sistemlerde bileşenin manyetik çevriminden kaynaklanan kütle transferi değişim oranlarının diğer sistemlerden daha fazla olduğu sonucuna varılmaktadır.

Aktivitenin çevrim periyodunun herhangi bir ışık eğrisi parametresi yada fizik parametre ile korelasyonu yoktur. Halbuki çevrim genliği; çevrim süresi, ortalama mutlak parlaklık, iniş ve çıkış oranı, ve yörünge periyodu ile korelasyon halindedir. Bu korelasyonlar sayesinde, eğer çevrim genliği bileşen yıldızın manyetik etkinliğinin bir

ölçüsü olabilirse (ki böyle olduğu aşağıda gösterilecektir), anakol bileşeninin manyetik etkinliği ile görsel ışık eğrisi parametreleri ve fizik parametreler arasındaki ilişkilerin varlıkları ve karakterleri doğrudan gözlemsel yolla ilk kez çalışmamızda gösterilmiştir. Çevrim periyodunun, bileşenin rotasyonu ile korelasyon halinde olmadığı yönündeki bulgu [59] ise onaylanmaktadır.

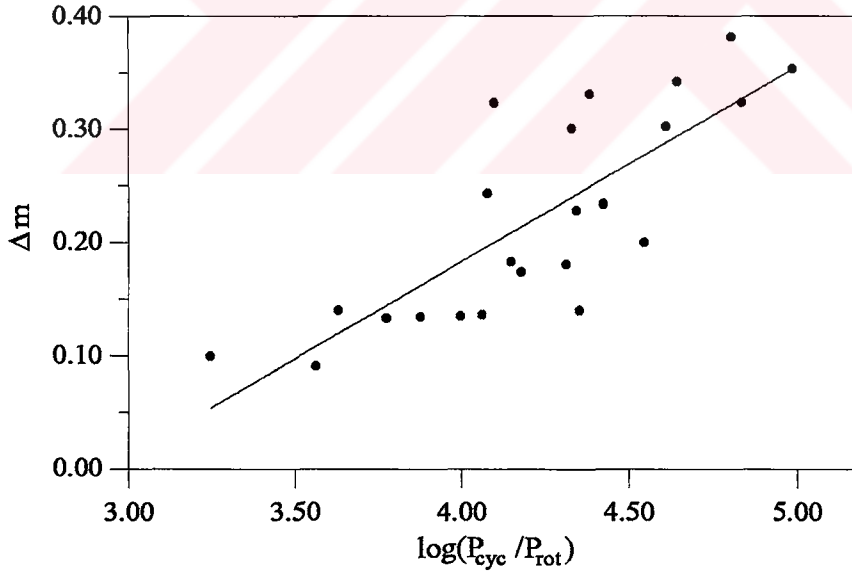
Cüce novaların Güneş-tipi manyetik çevrim periyotlarının frekans dağılımları, tekil anakol yıldızlarınınki ile karşılaştırıldığında, bunların maksimum yığılma değeri ve dağılım açısından birbirlerine neredeyse özdeş oldukları, önceki çalışmaların veri eksikliği sorunu büyük oranda aşıldığı için güvenle ifade edilebilir. Çalışmamızda, hem cüce novaların ve hem de tekil anakol yıldızlarının [75] çevrim periyotlarının frekans dağılımındaki maksimum yığılma değeri, Gauss fitleri ile 6.8 yıl olarak bulunmuştur. Çevrim periyotları daha önce bulunmuş [57] [58] novalar ve nova benzeri yıldızların veri setine katılması sonucu, çevrim periyotlarının frekans dağılımındaki maksimum yığılma değeri 8.3 yıl olarak elde edilir. Farklılığın sebebi, çok muhtemelen, nova ve nova benzeri yıldızların veri setindeki sayı azlığından kaynaklanan seçim etkisidir. Bu şekilde, kataklismik değişenlerdeki anakol bileşenlerinin, aynı spektral tipten tekil anakol yıldızlarına, manyetik etkinliklerinin çevrim periyotları açısından da özdeş oldukları ortaya konulmuştur.

Kataklismik değişenlerin bileşen yıldızlarının tekil anakol yıldızlarına benzerlikleri yukarıda gösterildiğinden, tekil yıldızlarda yapılan güvenilir manyetik alan ölçüm sonuçlarından [84] hareketle, kataklismik çift yıldızlardaki bileşen yıldızların manyetik alan şiddetlerinin 3-4 kG civarında olduğu söylenebilir.

Tekil anakol yıldızlarının manyetik etkinliklerinin bir ölçüsü olarak Soon ve ark. [78] tarafından önerilen ve Baliunas ve ark. [83] tarafından onaylanan $P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}}$ oranı, dinamo kuramının dinamo sayısı (N_D) ile ilişkilidir: $P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}} \sim N_D^\beta$. Değişik çalışmalarda β 'nın kuramsal değeri 0.3 ile 0.9 arasında verilmektedir. Bu oranın, kataklismik çift yıldızlarda da hesaplanması, Baliunas ve ark.'nın [83] (Bkz. aynı zamanda [77]) tekil yıldızlar için manyetik etkinlik-rotasyon bağlantısını ortaya koymak

amacıyla sunduğu ve saçılma sebebiyle istatistik önem eksikliğini akla getiren $\log(1/P_{\text{rot}}):\log(P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}})$ ilişkisinin [77], daha yüksek dönme hızlarındaki uzantısını ortaya çıkarır, ve bu sayede sözkonusu ilişkinin istatistik önemini artırır (Bkz. Şekil III-14). Zira, kataklismik çift yıldızlardaki anakol bileşenleri, aynı spektral tipteki tekil anakol yıldızlarından çok daha yüksek hızlarla dönmektedirler [7]. $\log(1/P_{\text{rot}}):\log(P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}})$ bağıllığında kataklismik değişenlerin kullanımı β 'nın tekil yıldızlardaki 0.74'lük [83] gözlemsel değerini 1.00'a yükseltir. β 'nın çalışmamızda elde edilen bu yeni değeri, her ne kadar kuramsal üst sınır 0.9'a yakın olsa da, yıldızlarda manyetik alan üretimi ile ilgili kuramların yüksek dönme hızlarında bir kez daha gözden geçirilmesi gerektiğini gösterir.

Yıldızın hem rotasyonel ve hem de konvektif özelliklerini içeren ve manyetik etkinliğinin bir ölçüsü olan $P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}}$ oranı, çevrimin sakin evre parlaklıklarındaki genliği ile ilişkilidir (Şekil IV-2). Öyleyse, genlik de bileşen yıldızın manyetik etkinliğinin bir



Şekil IV-2. Soon ve ark. [78] tarafından manyetik etkinliğin bir ölçüsü olarak önerilen $P_{\text{cyc}}/P_{\text{rot}}$ oranının, bileşenin manyetik çevriminin sakin evre parlaklıklarındaki genliği (Δm) ile ilişkisi. Düz çizgi lineer fiti göstermektedir ($r = +0.80$, $N=23$). Yüksek saçılma gösteren AT Cnc, HL CMa, WX Hyi, Z Cha, DQ Her ve V841 Oph değerlendirme dışı bırakılmış olup, bunlardan ilk ikisi Z Cam, sonraki ikisi SU UMa tipi cüce novalardır. Son iki sistem ise novadır. Uzun dönemli görsel ışık eğrilerinde, duraksama, süper patlama veya sönükleşme gibi olaylara rastlanmayan U Gem tipi sistemler bu ilişkiden fazla sapmazlar.

ölçüsüdür. Böylece, çevrim genliğinin ışık eğrisi parametreleri ile Bölüm III-7’de verilen korelasyonları gözönüne alındığında, çalışmamızda, cüce novaların uzun dönemli ışık eğrisi parametreleri ile bileşen yıldızın manyetik etkinliğinin bağlantısı ilk kez gösterilmiş olmaktadır.

Bu çalışma ile, kataklismik çift yıldızların bir sınıfı olan cüce novaların uzun dönemli ışık eğrilerinin istatistik analizi alanında, gerek veri azlığı, gerek incelenmiş sistemlerin sayıca azlığı, gerekse ölçüm ve analiz yöntemlerindeki ele alış tarzları bakımından literatürde karşılaşılan eksiklikler tespit edilmiş, sonuçlara bu eksikler sebebiyle duyulan güven azlığı giderilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, şimdiye kadar toplanabilmiş en geniş veri seti oluşturularak, literatürde bu güne dek böyle verilere uygulanan hemen hemen tüm analiz yöntemleri, yeni veri seti üzerinden birçok yıldız için ilk kez uygulanmış, tüm sistemlerin kullanıldığı analizler, aynı tip ölçüm yöntemi ile elde edilen ortalama değerler seti üzerinden ilk defa bu kadar çok sistem kullanılarak tekrarlanmıştır. Bunlara ilave olarak, cüce novaların sakin evre süreleri Fourier periyot analizleri yöntemi ile ilk kez değerlendirilmiştir.

Yukarıda verilen sonuçlarımızdan açıkça görülmektedir ki, cüce nova patlamalarını açıklama iddasındaki disk kararsızlığı modeli, her ne kadar tartışmalarımız sırasında modele yönelik bazı olumsuzlukları dile getirmiş olsak da, uzun dönemli görsel ışık eğrilerinin istatistik analizleri ile sınındığı zaman tutarlı ve güvenilirlerdir. Ancak modeller, sakin haldeki viskozite katsayısı, sakin evre boyunca diskte biriken ya da patlama boyunca merkezi yıldız üzerine yığılan madde miktarı gibi noktalara, ve model parametrelerinin zamana bağlı değişkenliklerine ağırlık verilmelidirler. Çalışmamızın ayrı bir bölümünde incelenen bileşen yıldızın manyetik etkinliğinin, kısa ve uzun dönemlerde disk olaylarına etkisi azımsanmayacak derecededir, ve bu da patlama modellerinde hesaba katılmalıdır.

V- KAYNAKLAR

- [1] C. Jaschek, 1989, "*Data in Astronomy*", Cambridge University Press, Cambridge, ISBN 0-521-34094-2, s.3
- [2] M. Hack, C. la Dous, 1993, "*Cataclysmic Variables and Related Objects*", NASA SP-507, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, s.150
- [3] J.K. Cannizzo, P. Ghosh, J.C. Wheeler, 1982, "*Convective accretion disks and the onset of dwarf nova outbursts*", *Ap.J.*, 260, L83
- [4] F. Meyer, E. Meyer-Hofmeister, 1981, "*On the elusive cause of cataclysmic variable outbursts*", *Astron. Astrophys.*, 104, L10
- [5] J.A. Mattei, 1990, "*Optical properties of cataclysmic variable stars*", "Active Close Binaries", C. İbanoglu (ed.), NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, ISBN 0-7923-0907-3, s.611
- [6] P.N. Khopolov, 1985, "*General Catalogue of Variable Stars*", Astronomical Council of the USSR Academy of Sciences, Sternberg State Astronomical Institute of the Moscow State University, Nauka Publ. House, Moscow
- [7] J. Patterson, 1984, "*The evolution of cataclysmic and low-mass X-ray binaries*", *Ap.J. Suppl.Ser.*, 54, 443
- [8] H. Ritter, 1984, "*Catalogue of cataclysmic variables, low-mass X-ray binaries and related objects*", *Astron. Astrophys. Suppl.Ser.*, 57, 385
- [9] H. Ritter, U. Kolb, 1993, "*A compilation of cataclysmic binaries with known or suspected orbital periods*", "X-ray Binaries", W.H.G. Lewin, J. van Paradijs, E.P.J. van den Heuvel (eds.), Cambridge University Press, Cambridge
- [10] R.A. Downes, R.F. Webbink, M.H. Shara, 1997, "*A catalog and atlas of cataclysmic variables-2nd edition*", *P.A.S.P.*, 109, 345
- [11] E. Meyer-Hofmeister, H. Ritter, 1993, "*Accretion disks in close binaries*", "The Realm of Interacting Binaries", J. Sahade et al. (eds.), Kluwer Academic Publishers, Netherlands, s.143
- [12] Y. Osaki, 1996, "*Dwarf nova outbursts*", *P.A.S.P.*, 108, 39
- [13] J. Cannizzo, 1998, "*The accretion disk limit cycle mechanism in the black hole X-ray binaries: toward an understanding of the systematic effects*", *Ap.J.*, 494, 366

- [14] J.M. Hameury, K. Menou, G. Dubus, J.P. Hure, 1998, "*Accretion disk outbursts: a new version of an old model*", M.N.R.A.S., 298, 1048
- [15] J. Cannizzo, W. Chen, M. Livio, 1995, "*The accretion disk limit cycle instability in black hole X-ray binaries*", Ap.J., 454, 880
- [16] F. Meyer, 1986, "*Accretion disk instabilities*", IAU Coll. No.89, "Radiation Hydrodynamics in Stars and Compact Objects", Copenhagen, June 11-20, 1985, Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, Institut für Astrophysik, MPA 227
- [17] J. Smak, 1982, "*Accretion in cataclysmic binaries. II. Observational data*", Acta Astronomica, 32, 213
- [18] J. Smak, 1983, "*On the nature of dwarf novae*", Ap.J., 272, 234
- [19] F. Verbunt, 1986, "*Theory and observations of time-dependent accretion disks*", IAU Symp. No.125, "The Origin and Evolution of Neutron Stars", Nanjing, PR China 1986, May 26-30, Reidel Publ. Comp., D.J. Helfand, J.H. Huang (eds.), Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, Institut für Extraterrestrische Physik, MPE Preprint 56
- [20] J. Smak, 1984, "*Accretion in cataclysmic binaries. IV. Accretion disks in dwarf novae*", Acta Astronomica, 34, 161
- [21] F. Meyer, E. Meyer-Hofmeister, 1983, "*A model for the standstill of the Z Camelopardalis Variables*", Astron. Astrophys., 121, 29
- [22] Y. Osaki, 1989, "*A model for the superoutburst phenomenon of SU Ursae Majoris Stars*", P.A.S.J., 41, 1005
- [23] Y. Osaki, 1994, "*Disk instability model for SU UMa stars: SU UMa/WZ Sge connection*", "Theory of Accretion Disks-2", W.J. Duschl, J. Frank, F. Meyer, E. Meyer-Hofmeister, W.M. Tscharnutter (eds.), NATO ASI Series Vol.417, ISBN 0-7923-2609-1, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, s.93
- [24] S.H. Lubow, 1994, "*Eccentric disk instabilities and their relation to superhump binaries*", "Theory of Accretion Disks-2", W.J. Duschl, J. Frank, F. Meyer, E. Meyer-Hofmeister, W.M. Tscharnutter (eds.), NATO ASI Series Vol.417, ISBN 0-7923-2609-1, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, s.109
- [25] J.P. Lasota, J.M. Hameury, J.M. Hure, 1995, "*Dwarf novae at low mass transfer rates*", Astron. Astrophys., 302, L29
- [26] J. Smak, 1995, "*Observational evidence for the enhancement of the mass transfer rate during dwarf nova outbursts*", Acta Astronomica, 45, 393

- [27] W.J. Duschl, 1991, "*The UV-delay in dwarf nova outbursts as a consequence of details of the accretion disks' vertical stratification*", *Astron. Astrophys.*, 247, 393
- [28] J. van Paradijs, 1996, "*On the accretion instability in soft X-ray transients*", *Ap.J.*, 464, L139
- [29] G.T. Bath, J. van Paradijs, 1983, "*Outburst period-energy relations in cataclysmic dwarf novae*", *Nature*, 305, 33
- [30] A. Hempelmann, J. Kurths, 1990, "*Dynamics of the outburst series of SS Cyg*", *Astron. Astrophys.*, 232, 356
- [31] J.K. Cannizzo, J.A. Mattei, 1992, "*On the long-term behavior of SS Cyg*", *Ap.J.*, 401, 642
- [32] A. Hempelmann, J. Kurths, 1993, "*Mass transfer rate and outburst cycle of SS Cygni*", *Ap.J.*, 412, L41
- [33] N. Vogt, 1983, "*VW Hyi revisited: conclusions on dwarf nova outburst models*", *Astron. Astrophys.*, 118, 95
- [34] J. Smak, 1985, "*Statistical analysis of outbursts and superoutbursts of VW Hyi*", *Acta Astronomica*, 35, 357
- [35] H. van der Woerd, J. van Paradijs, 1987, "*Recurrence behaviour of outbursts in VW Hyi*", *M.N.R.A.S.*, 224, 271
- [36] P. Szkody, J.A. Mattei, 1984, "*Analysis of the AAVSO light curves of 21 dwarf novae*", *P.A.S.P.*, 96, 988
- [37] F.M. Bateson, 1977, "*The light curve of the dwarf nova, VW Hyi*", *New Zealand Journal of Science*, 20, 73
- [38] J.E. Isles, 1974, "*Report of the section: SU Ursae Majoris, 1926-54*", *J. Brit. astr. Ass. V.S.S.*, 84, 365
- [39] I.D. Howarth, 1977, "*Report of the section: RX Andromedae, 1926-1973*", *J. Brit. astr. Ass. V.S.S.*, 87, 395
- [40] I.D. Howarth, 1978, "*Two Z Camelopardalis variables: AB Draconis 1969-1975, CN Orionis 1963-1975*", *J. Brit. astr. Ass. V.S.S.*, 88, 292
- [41] E.H. Collinson, J.E. Isles, 1979, "*Z Camelopardalis, 1951-1972*", *J. Brit. astr. Ass. V.S.S.*, 89, 2
- [42] D.R.B. Saw, 1982, "*U Geminorum, 1970-79*", *J. Brit. astr. Ass. V.S.S.*, 92, 127
- [43] D.R.B. Saw, 1983, "*RU Pegasi, 1970-79*", *J. Brit. astr. Ass. V.S.S.*, 93, 70

- [44] F.M. Bateson, 1977, "*The dwarf nova CU Velorum*", Publ. of V.S.S. R. astron. Soc. of New Zealand, 5, 1
- [45] F.M. Bateson, R. McIntosh, 1986, "*The light curve of the dwarf nova WX Hydri*", Publ. of V.S.S. R. astron. Soc. of New Zealand, 14, 1
- [46] F.M. Bateson, A.F. Jones, R. McIntosh, 1993, "*Outbursts of the dwarf nova TW Virginis*", Publ. of V.S.S. R. astron. Soc. of New Zealand, 19, 39
- [47] J. Bailey, 1975, "*The rate of decline from dwarf nova outbursts*", J. Brit. astr. Ass., 86, 1
- [48] J. van Paradijs, 1983, "*Superoutbursts: a general phenomenon in dwarf novae*", Astron. Astrophys., 125, L16
- [49] L.I. Antipova, 1987, "*The Kukarkin-Parenago relation for dwarf novae and novae*", Astrophys. Space. Sci., 131, 453
- [50] A. Gieger, 1987, "*Statistical analysis of dwarf nova outbursts*", Acta Astronomica, 37, 29
- [51] G.A. Richter, H.J. Brauer, 1989, "*Kukarkin-Parenago relationship, period gap, and cause of dwarf nova outbursts*", Astron. Nachr., 310, 413
- [52] U. Kolb, A.R. King, H. Ritter, 1998, "*The cataclysmic variable period gap: still there*", M.N.R.A.S., 298, L29
- [53] B. Warner, 1995, "*On the general properties of the secondaries of cataclysmic variable stars*", Astrophys. Space. Sci., 232, 89
- [54] H.R. Richman, J.H. Applegate, J. Patterson, 1994, "*Long-term periods in cataclysmic variables*", P.A.S.P., 106, 1075
- [55] B. Warner, 1988, "*Quasiperiodicity in cataclysmic variable stars caused by solar-type magnetic cycles*", Nature, 336, 129
- [56] N. Vogt, E. Meyer-Hofmeister, F. Meyer, 1995, "*Do we see magnetic effects in dwarf nova outbursts?*", "Flares and Flashes", Lecture Notes in Physics, IAU Coll. No.151, Sonneberg, Germany, 5-9 December 1994, Springer-Verlag, Berlin, ISBN 3-540-60057-4, s.285
- [57] A. Bianchini, 1988, "*Possible detection of solar type cycles in cataclysmic variables*", Information Bulletin on Variable Stars, No.3136
- [58] A. Bianchini, 1990, "*Solar-type cycles in close binary systems*", Astron. J., 99, 1941
- [59] C. Maceroni, A. Bianchini, M. Rodono, F. Van't Veer, R. Vio, 1990, "*Magnetic cycles in solar-type single and close binary stars*", Astron. Astrophys., 237, 395

- [60] N. Vogt, 1995, "*On the outburst behaviour of dwarf novae above the period gap*", "Cataclysmic Variables", A. Bianchini, M. Della Valle, M. Orio (eds.), Abano-Terne Meeting, Italy, 20-24 June 1994, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Astrophysics and Space Science Library, Vol.205,
- [61] B. Warner, 1995, "*Systematics of superoutbursts in dwarf novae*", *Astrophys. Space Sci.*, 226, 187
- [62] J. Mattei, 1995, 1997, Özel Haberleşme
- [63] F.M. Bateson, 1997, Özel Haberleşme
- [64] W.H. Press, B.P. Flannery, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, 1986, "*Numerical Recipes – The Art of Scientific Computing*", Cambridge University Press, Cambridge, ISBN 0-521-43724-5, s.484
- [65] J. Smak, 1984, "*Outbursts of dwarf novae*", *P.A.S.P.*, 96, 5
- [66] J.K. Cannizzo, 1994, "*On the sequencing of long and short outbursts in dwarf novae*", "Theory of Accretion Disks-2", W.J. Duschl, J. Frank, F. Meyer, E. Meyer-Hofmeister, W.M. Tscharnutter (eds.), NATO ASI Series Vol.417, ISBN 0-7923-2609-1, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, s.125
- [67] J.K. Cannizzo, 1993, "*The accretion disk limit cycle model: toward an understanding of the long-term behavior of SS Cygni*", *Ap.J.*, 419, 318
- [68] B. Warner, 1987, "*Absolute magnitudes of cataclysmic variables*", *M.N.R.A.S.*, 227, 23
- [69] J.K. Cannizzo, 1998, "*On the $M_v(\text{PEAK})$ versus orbital period relation for dwarf nova outbursts*", *Ap.J.*, 493, 426
- [70] F.A. Ringwald, 1995, "*A radial velocity curve of the dwarf nova TZ Persei*", *M.N.R.A.S.*, 274, 127
- [71] J.K. Cannizzo, A.W. Shafter, J.C. Wheeler, 1988, "*On the recurrence time for the accretion disk limit cycle mechanism in dwarf novae*", *Ap.J.*, 333, 227
- [72] W.J. Duschl, M. Livio, 1989, "*'Mixed' mass-transfer-and disk-instability models for dwarf nova eruptions*", *Astron.Astrophys.*, 209, 183
- [73] S. Ichikawa, Y. Osaki, 1994, "*Recurrence time for dwarf nova outbursts: dependence on mass transfer rate*", "Theory of Accretion Disks-2", W.J. Duschl, J. Frank, F. Meyer, E. Meyer-Hofmeister, W.M. Tscharnutter (eds.), NATO ASI Series Vol.417, ISBN 0-7923-2609-1, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, s.169

- [74] O.C. Wilson, 1978, "*Chromospheric variations in main-sequence stars*", Ap.J., 226, 379
- [75] S.L. Baliunas, R.A. Donahue, W.H. Soon, J.H. Horne, J. Frazer,..., 1995, "*Choromospheric variations in main-sequence stars.II*", Ap.J., 438, 269
- [76] S.L. Baliunas, A.H. Vaughan, 1985, "*Stellar activity cycles*", Ann. Rev. Astron. Astrophys., 23, 379
- [77] R. Pallavicini, 1996, "*Stellar magnetic activity, activity cycles, and dynamos*", "Magnetodynamic Phenomena in the Solar Atmosphere-Prototypes of Stellar Magnetic Activity", Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Y. Uchida, T. Kosugi, H.S. Hudion (eds.), ISBN 0-7923-4176-7, s.359
- [78] W.H. Soon, S.L. Baliunas, Q. Zhang, 1993, "*An interpretation of cycle periods of stellar chromospheric activity*", Ap.J., 414, L33
- [79] D.S. Hall, 1987, "*Variability in choromospherically active stars-at all time scales*", Publications of the Astronomical Institute of the Czechoslovak Academy of Sciences, Publ. No.70, s.77
- [80] D.S. Hall, 1990, "*Period changes and magnetic cycles*", "Active Close Binaries", C. İbanoğlu (ed.), NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, ISBN 0-7923-0907-3, s.95
- [81] N. Doğan, 1980, "*İstatistik Astronomi-I*", Ankara Üniversitesi Yayınları, No.136, s.58
- [82] P.R. Bevington, 1969, "*Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences*", McGraw-Hill Inc, Library of Congress Catalog Card Number:69-16942, s.72
- [83] S.L. Baliunas, E. Nesme-Ribes, D. Sokoloff, W.H. Soon, 1996, "*A dynamo interpretation of stellar activity cycles*", Ap.J., 460, 848
- [84] S.H. Saar, 1996, "*Recent measurements of stellar magnetic fields*", "Magnetodynamic Phenomena in the Solar Atmosphere-Prototypes of Stellar Magnetic Activity", Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Y. Uchida, T. Kosugi, H.S. Hudion (eds.), ISBN 0-7923-4176-7, s.367
- [85] F. Verbunt, R.A. Wade, 1984, "*Mass transfer in dwarf binaries: a compilation*", Astron.Astrophys. Suppl.Ser., 57, 193
- [86] C.A. Tout, J.E. Pringle, 1992, "*Accretion disk viscosity: a simple model for a magnetic dynamo*", M.N.R.A.S., 259, 604
- [87] A. Bruch, A. Engel, 1994, "*A Catalogue of UBV Colours of Cataclysmic Variables – Second Edition*", Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 104, 79

VI- ÖZGEÇMİŞ

Soyadı: AK

Adı: Tansel

Doğum Tarihi: 25.09.1966

Doğum Yeri: İzmit - Kocaeli

Öğrenim:

İlkokul: Atatürk İlkokulu, Karamürsel – Kocaeli 1977

Ortaokul: Merkez Ortaokulu, Adapazarı – Sakarya 1980

Lise: Sakarya Endüstri Meslek Lisesi, Adapazarı – Sakarya 1983

Üniversite: İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi,
Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü 1990

Yüksek Lisans: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi
ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Yıldız Atmosferleri Programı, İstanbul 1992

Görev: İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri
Bölümü'nde Araştırma Görevlisi 1990-

Astronomik Gözlemler:

- İstanbul Üniversitesi Gözlemevi'nde Fotosferik ve Kromosferik
Güneş Gözlemleri 1990-
- Bulgaristan Ulusal Astronomik Gözlemevi'nde
Spektroskopik Gözlemler 28-30.04.1994
- Bulgaristan Ulusal Astronomik Gözlemevi'nde
Spektroskopik Gözlemler 28-30 .08.1994

Araştırma Alanı: Katakлизмik Çift Yıldızlar

Uluslararası Okullar:

- XX. IAU International School for Young Astronomers (ISYA),
Inter University Center for Astronomy and Astrophysics,
Pune, India 03-21.01.1994
- Second International School in Astronomy and Astrophysics,
National Astronomical Observatory, Rozhen, Bulgaria 18-24.04.1994

Toplantılar:

- VII. Ulusal Astronomi Kongresi, İstanbul 10-15.09.1990
- Prof. Dr. Kamuran Avcıoğlu Sempozyumu: Türkiye ve
Dünya'da Astronomi Eğitim-Öğretimi, İstanbul 1991
- VIII. Ulusal Astronomi Kongresi, Malatya 07-11.09.1992

- Prof. Dr. Nüzhet Gökdoğan Sempozyumu:
Fatih'ten Günümüze Astronomi, İstanbul 07.10.1993
- XXIIInd General Assembly of the International Astronomical
Union, Hauge, Netherlands 15-27.09.1994
- IX. Ulusal Astronomi Kongresi, Ankara 05-07.09.1994
- I. Genç Astronomlar Toplantısı, Ankara 1994
- II. Genç Astronomlar Toplantısı, İstanbul 1995
- X. Ulusal Astronomi Kongresi, İstanbul 02-06.09.1996
- 86th Spring Meeting of AAVSO, Sion and St. Luc, İsviçre 26-31.05.1997
- Orta Öğretimde Temel Bilimler Sempozyumu, Astronomi:
Matematik ve Fen Bilimlerinin Uygulama Alanı, İstanbul 1-2.11.1997
- Variable Stars as Important Astrophysical Tools, NATO ASI
Meeting, Çeşme, İzmir 31.08-11.09.1998

Projeler

- 1- Adı: Cüce Novaların Uzun Süreli Davranışları
Kurum: T.C. İ.Ü. Rektörlüğü Araştırma Fonu
Kod: T-141/241095
Yürütücü: Tansel Ak
Danışman: M. T. Özkan
Başl.-Bit. Tarihleri: 24.10.1995-
- 2- Adı: Düşük Dispersiyonlu IUE Datalarından Terminal Hızların Hesabı:
Kataklismik Çift Yıldızlar Üzerine Bir Uygulama
Kurum: T.C. İ.Ü. Rektörlüğü Araştırma Fonu
Kod: 789/131295
Yürütücü: M. Türker Özkan
Katılımcılar: H. Gülseçen, A. T. Saygaç, H. H. Esenoğlu, T. Ak
Başl.-Bit. Tarihleri: 13.12.1995-13.12.1996
- 3- Adı: Sıcak Yıldızlar Doğrultusunda Yıldızlararası Maddenin Kolon
Yoğunlukları
Kurum: T.C. İ.Ü. Rektörlüğü Araştırma Fonu
Kod: 1000/250897
Yürütücü: H. Hüseyin Mentеше
Katılımcılar: H. H. Esenoğlu, T. Ak
Başl.-Bit. Tarihleri: 25.08.1997-25.02.1998

Çalışmalar:

- "Interesting Solar Choromospheric Phenomena", T. Özışık, T. Ak; Solar Bulletin, The American Association of Variable Star Observers-Solar Division, Vol.47, N.11, November 1991 (Rapor)
- "SS Cyg, VW Hyi, Z Cam, RX And ve SY Cnc Cüce Novalarının Morötesi Tayfsal Analizi", M.T. Özkan, A.T. Saygaç, T. Ak, H.H. Esenoğlu, S. Güler; 1992, VIII. Ulusal Astronomi Kongresi, 07-11.Eylül.1992, Malatya (Bildiri)
- "DQ Her'in Morötesi Tayfları", T. Ak, M.T. Özkan; 1992, VIII. Ulusal Astronomi Kongresi, 07-11.Eylül.1992, Malatya (Bildiri)

- “Line Identifications and Comparison of Equivalent Widths of Fe I Lines for the Stars π^3 Ori and 110 Her”, H.H. Menteşe, T. Ak, H.H. Esenoğlu; 1993, Publications of the İstanbul University Observatory, N.159 (Makale)
- “IUE Spectra of Three Z Camelopardalis Type Dwarf Novae: A Study of P Cygni Profiles”, M.T. Özkan, H.H. Esenoğlu, T. Ak, A.T. Saygıç, S. Güler, Abano-Padova Conference on Cataclysmic Variables, June 20-25, 1994, Abano-Terme, Italy (Poster)
- “Analysis of the IUE Stellar Spectra: Finding Some Parameters for Spectral Lines”, M.T. Özkan, S. Güler, T. Ak, H.H. Esenoğlu, A.T. Saygıç; 1995, İstanbul Üniversitesi Astronomi ve Fizik Dergisi, Vol.59, 35-52
- “Further Observations of Be/shell Star V923 Aql”, L. Denizman, T. Ak, T. Koktay, T. Saygıç, D. Koçer; 1994, Astrophysics and Space Science, **222**, 191-203
- “Orbital Dependence of the UV Spectra of Z Cam Type Dwarf Novae”, M.T. Özkan, T. Ak, A.T. Saygıç, H.H. Esenoğlu, S. Güler; 1994, XXIIInd General Assembly of the International Astronomical Union, August 15-27, Hauge, Netherlands (Poster)
- “ ψ Per’in Optik ve Morötesi Spektroskopisi”, L. Denizman, Ç. Bolcal, T. Ak, T. Koktay, T. Eker; 1994, IX. Ulusal Astronomi Kongresi, 05-07 Eylül, Ankara (Bildiri)
- “Z Cam ve RX And: Patlama, iniş ve Duraksama P Cygni Profilleri”, M.T. Özkan, T. Ak, A.T. Saygıç, S. Güler, H.H. Esenoğlu; 1994, IX. Ulusal Astronomi Kongresi, 05-07 Eylül, Ankara (Bildiri)
- “HL CMA Kataklizmik Değişen Yıldızının Rüzgar Özellikleri”, S. Güler, T. Ak, M.T. Özkan, A.T. Saygıç, H.H. Esenoğlu; 1994, IX. Ulusal Astronomi Kongresi, 05-07 Eylül, Ankara (Poster)
- “Time Dependence of the UV Resonance Lines in the Cataclysmic Variable Star VW Hyi”, M.T. Özkan, T. Ak, A.T. Saygıç, H.H. Esenoğlu, S. Güler; 1994, IAU Colloquium No.151, “Flares and Flashes”, December 05-09, Sonneberg, Germany (Poster)
- “Z Cam ve SS Cyg’nin Uzun Dönemli Işık Eğrilerinin İstatistik Analizi”, T. Ak, M.T. Özkan; 1996, X. Ulusal Astronomi Kongresi, 02-06 Eylül 1996, İstanbul (Bildiri)
- “IUE Tayflarından Terminal Hız Hesabı”, H. Gülseçen, A.T. Saygıç, H.H. Esenoğlu, T. Ak, M.T. Özkan, X. Ulusal Astronomi Kongresi, 02-06 Eylül 1996, İstanbul (Bildiri)
- “Statistical Analyses of the AAVSO Light Curves of Z Cam and AH Her”, T. Ak, M.T. Özkan, 1997, 86th Spring Meeting of AAVSO, 26-31 Mayıs, Sion and St. Luc, İsviçre (Poster)
- “Correlation Analyses of the Long-Term Visual Light Curve Parameters of Dwarf Novae”, T. Ak, M.T. Özkan, J.A. Mattei, 1998, “Variable Stars as Important Astrophysical Tools”, NATO Advanced Study Institute, 31.Aug.-11.Sept.1998, Çeşme-İzmir (Poster)
- “Solar-type Cycles in Dwarf Novae”, T. Ak, M.T. Özkan, J.A. Mattei, 1998, “Variable Stars as Important Astrophysical Tools”, NATO Advanced Study Institute, 31.Aug.-11.Sept.1998, Çeşme-İzmir (Poster)

- “Accretion Disk Winds in Dwarf Novae”, M.T. Özkan, H. Gülsecen, T. Ak, H. H. Esenoğlu, A. T. Saygıç, 1998, “Variable Stars as Important Astrophysical Tools”, NATO Advanced Study Institute, 31.Aug.-11.Sept.1998, Çeşme-İzmir (Bildiri)
- “TUE Spectra of Dwarf Novae: Time Variability in the UV Resonance Lines”, M.T. Özkan, T. Ak, JENAM98 Meeting, Prag, Czech Republic, 07-12.Sept.1998 (Poster)



VII- EKLER

EK-1. Bu çalışmada uzun dönemli görsel ışık eğrileri incelenen sistemlerden, verileri yeterli sayıda olanlar için patlama sürelerinin frekans dağılımları. Patlama süreleri, patlamaların yaklaşık ortasına karşılık gelen 3. ölçüm seviyesindeki ölçümlerden alınmıştır. Her aralık 1 gündür. Histogramların üzerinde ait oldukları sistemin adı belirtilmiştir.

EK-2. Uzun dönemli görsel ışık eğrileri incelenen sistemlerin çevrim sürelerinin frekans dağılımları. Patlamaların yaklaşık ortasına karşılık gelen 3. ölçüm seviyesindeki ölçümlerden elde edilen çevrim süreleri kullanılmıştır. Her aralık 1 gündür.

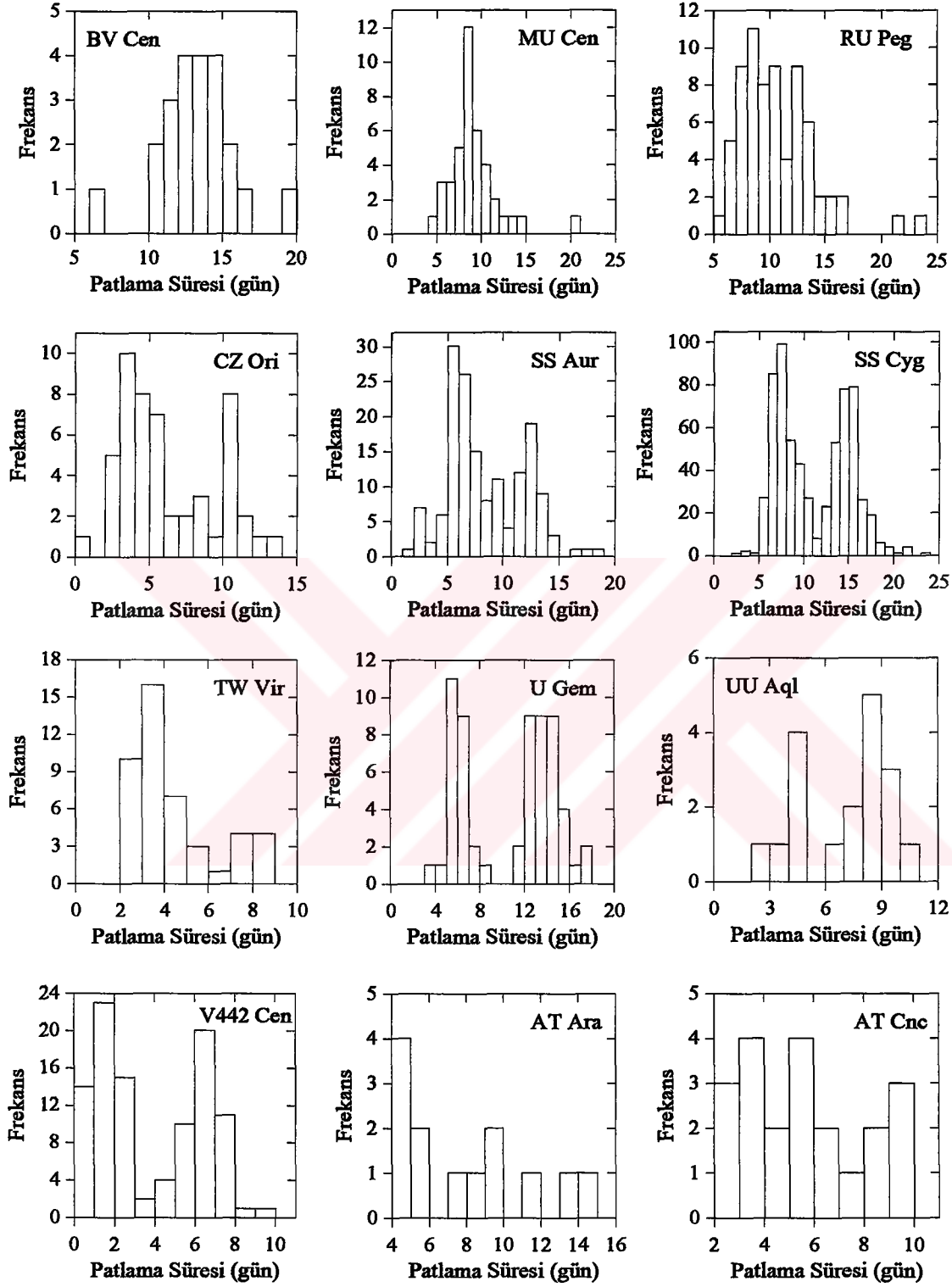
EK-3. Verileri yeterli sayıda olan sistemler için sakin evre sürelerinin frekans dağılımları. Sakin evre süreleri patlamaların tabanındaki 1. ölçüm seviyesinden alınmıştır. Her aralık 1 gündür.

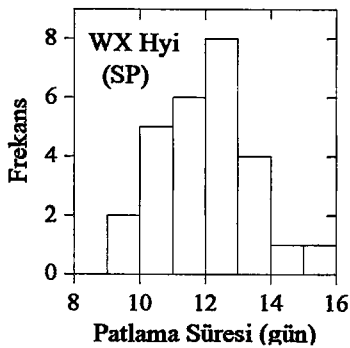
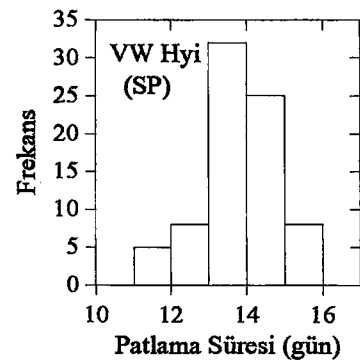
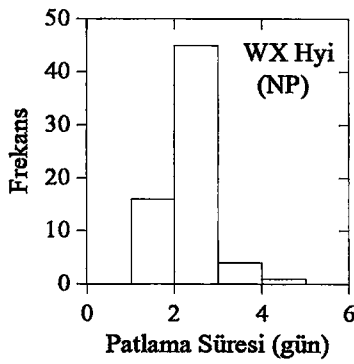
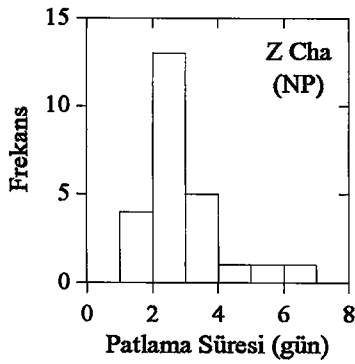
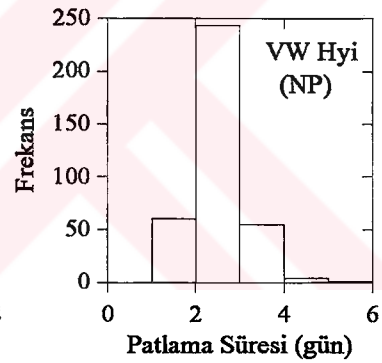
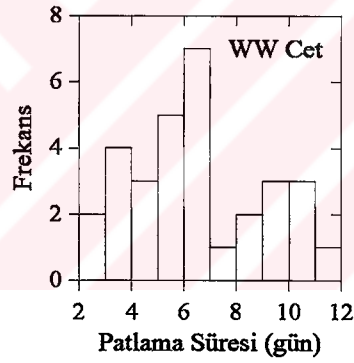
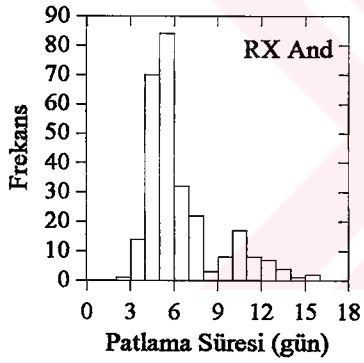
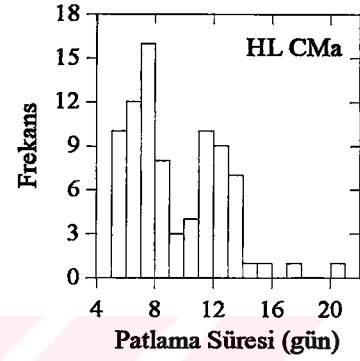
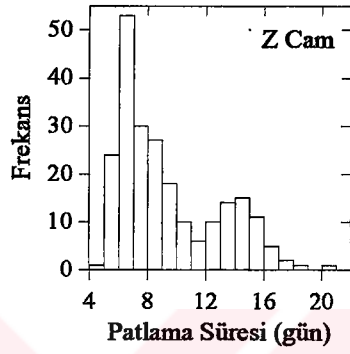
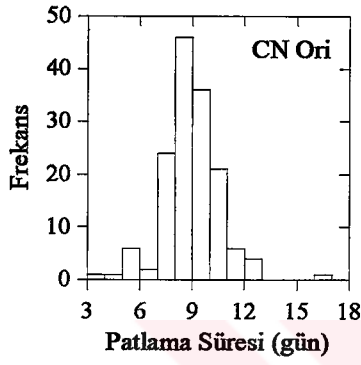
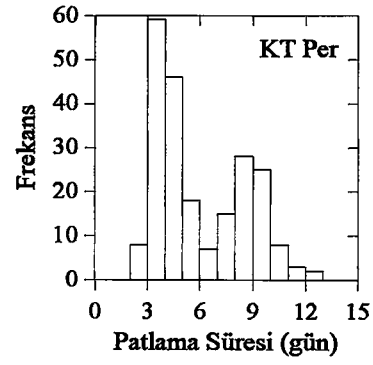
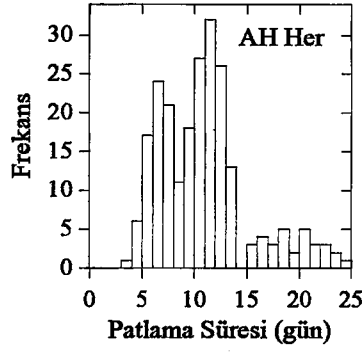
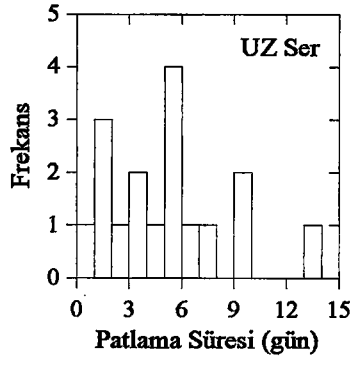
EK-4. Warner [61] [68], Richter ve Brauer [51], Vogt [60], Szkody ve Mattei [36] ve Ritter ve Kolb'un [9] çalışmalarından derlenen uzun dönemli ortalama ışık eğrisi parametreleri ve fizik parametreler. "S" harfi ile işaretlenen ışık eğrisi parametreleri süperpatlamalara, kalanlar ise normal patlamalara aittir. UG harfleri U Gem sistemlerini, SU harfleri SU UMa sistemlerini, ZC harfleri ise Z Cam sistemlerini gösterir. Işık eğrisi parametreleri ve fizik parametrelerin sembolleri, çalışmanın diğer kısımlarındakilerle aynı şekilde kullanılmışlardır.

EK-5. Bu çalışmada uzun dönemli görsel ışık eğrileri üzerinden ışık eğrisi parametreleri ölçülen cüce novaların O-C eğrileri. Eğrilerin hesabında kullanılan çevrim süreleri, her sistem için, patlamaların yaklaşık ortasına karşılık gelen 3. ölçüm seviyesindeki ölçümlerden elde edilmişlerdir. Z Cam'ın ilk O-C eğrisinde sistemin duraksamaları dikkate alınmamış, ikinci O-C eğrisinde ise dikkate alınmıştır (Bkz. Bölüm III-4).

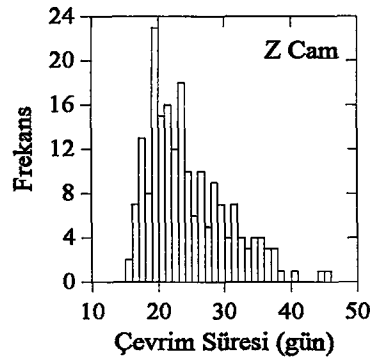
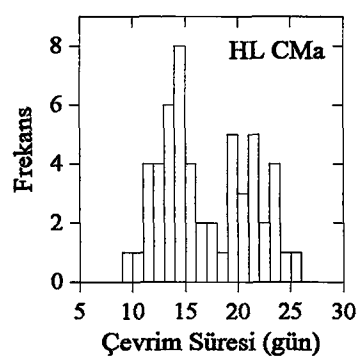
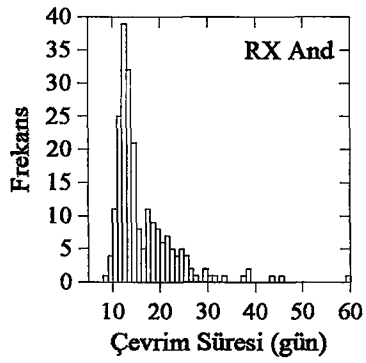
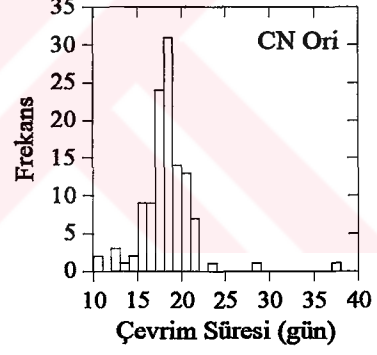
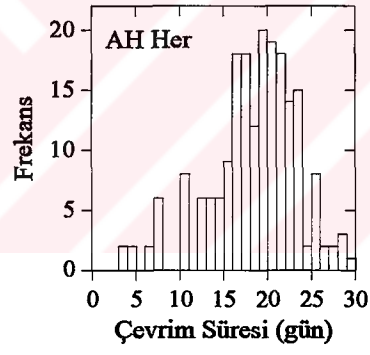
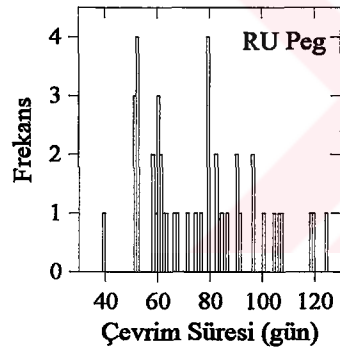
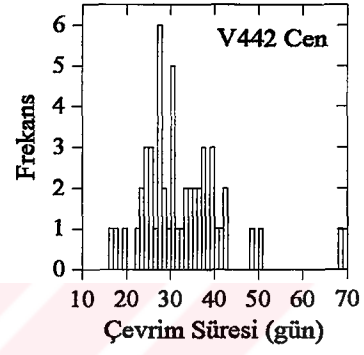
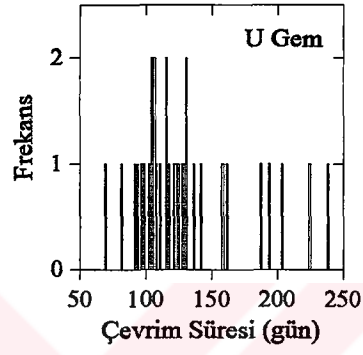
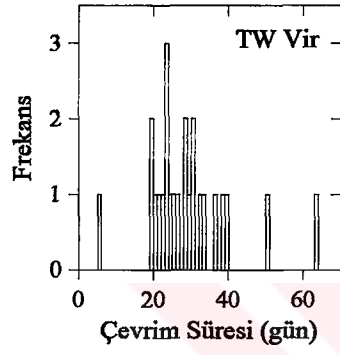
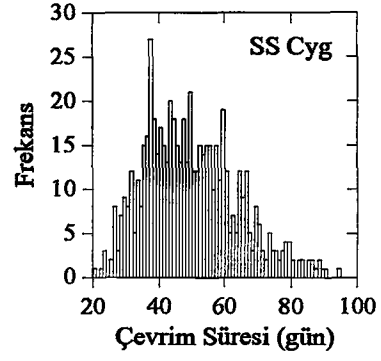
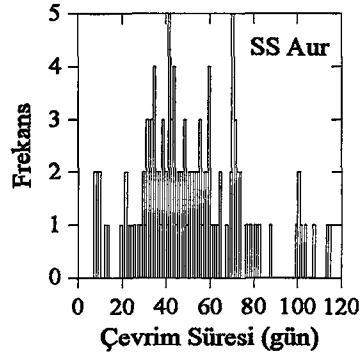
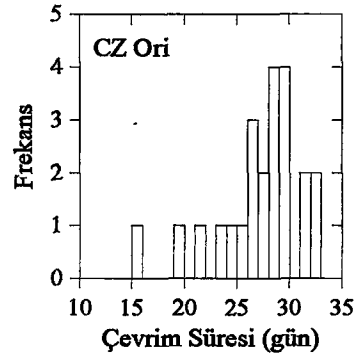
EK-6. Verileri yeterli sayıda olan sistemlerin çevrim süreleri, patlama süreleri, sakin evre süreleri ve sakin evre parlaklıklarının uzun dönemli hareketli ortalamaları. Her grafikte sistemin ismi ve ortalamanın kaç gün üzerinden alındığı belirtilmiştir. Çevrim ve patlama süreleri 3. ölçüm seviyesinden, sakin evre süreleri patlama tabanından alınmıştır. Sakin evre parlaklıkları ise 2. ölçüm seviyesinden daha sönük tüm gözlemlerden oluşmaktadır. (SP: Süperpatlama, NP: Normal patlama)

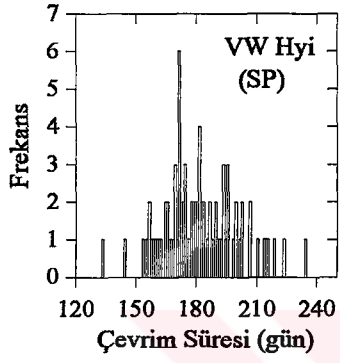
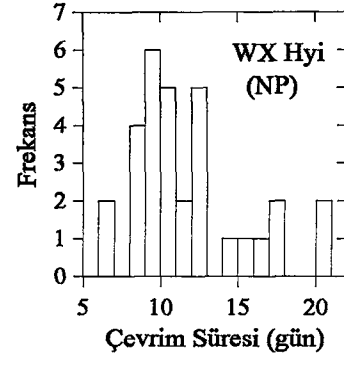
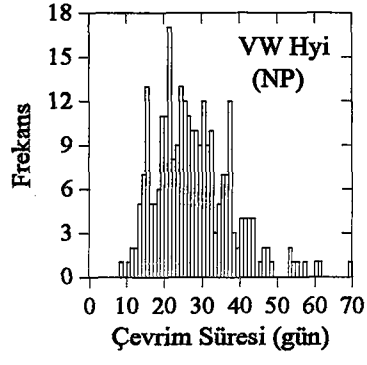
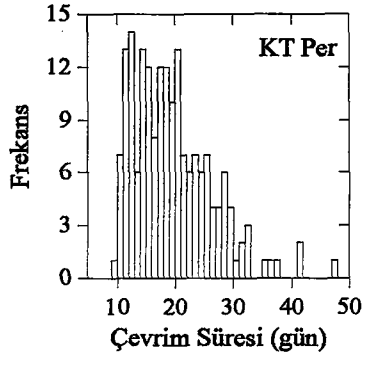
EK-7. Sakin evre parlaklıklarının, Fourier analizleri ile bulunan aktivite çevriminin evresine göre değişimleri. Parlaklıkların 0.1'lik evrelere göre ortalamaları alınmıştır. CN Ori'de çevrim süresi, CZ Ori'de ise patlama süresi kullanılmıştır. Hata barları ortalama değerlerin standart sapmalarını göstermektedir [81] [82].



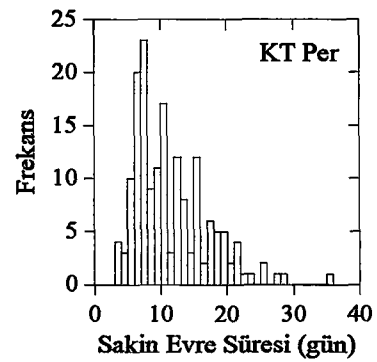
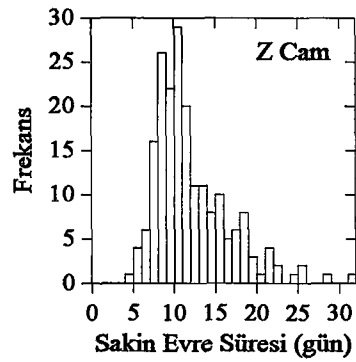
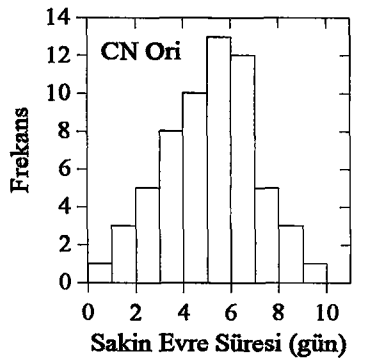
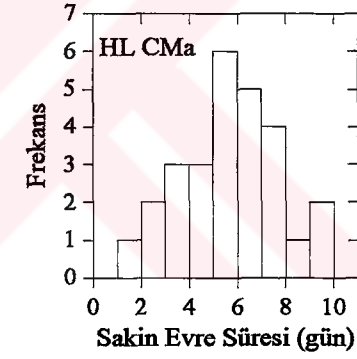
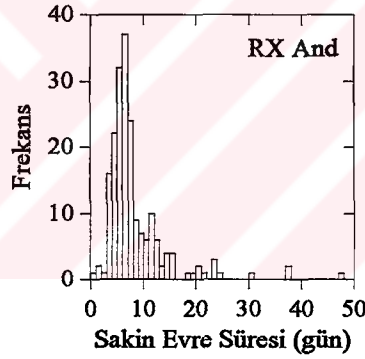
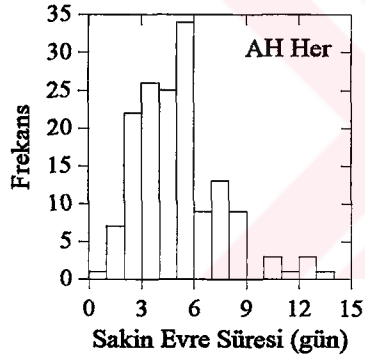
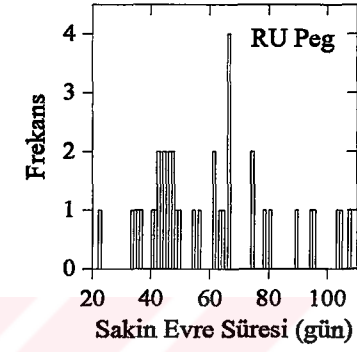
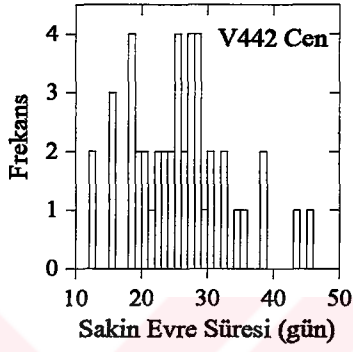
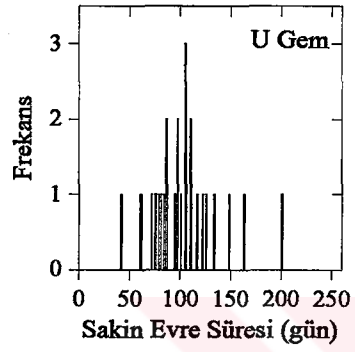
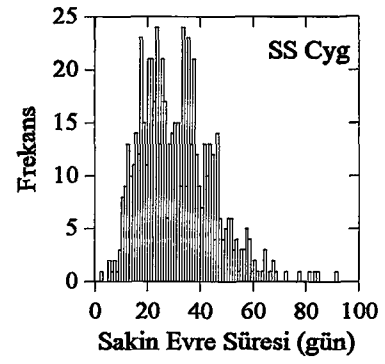
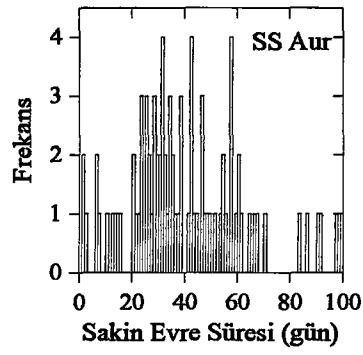
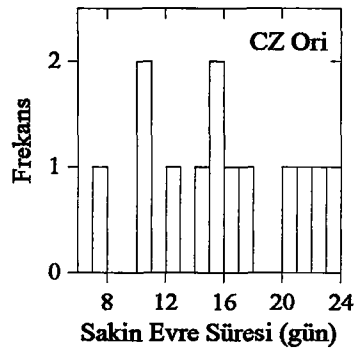


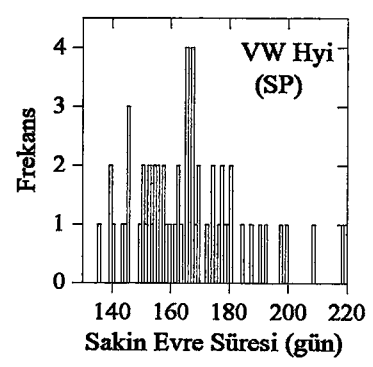
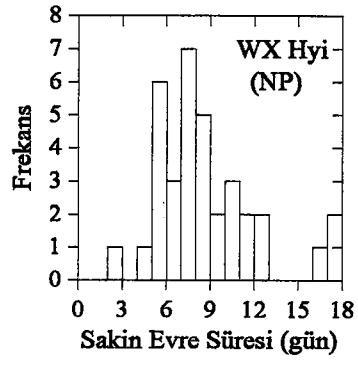
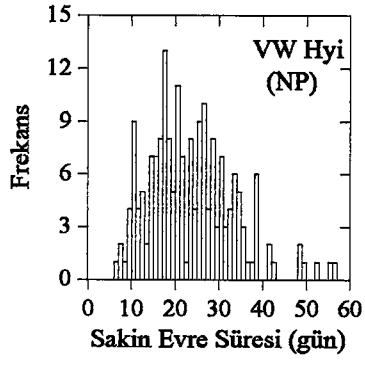
EK-1 (devam)





EK-2 (devam)



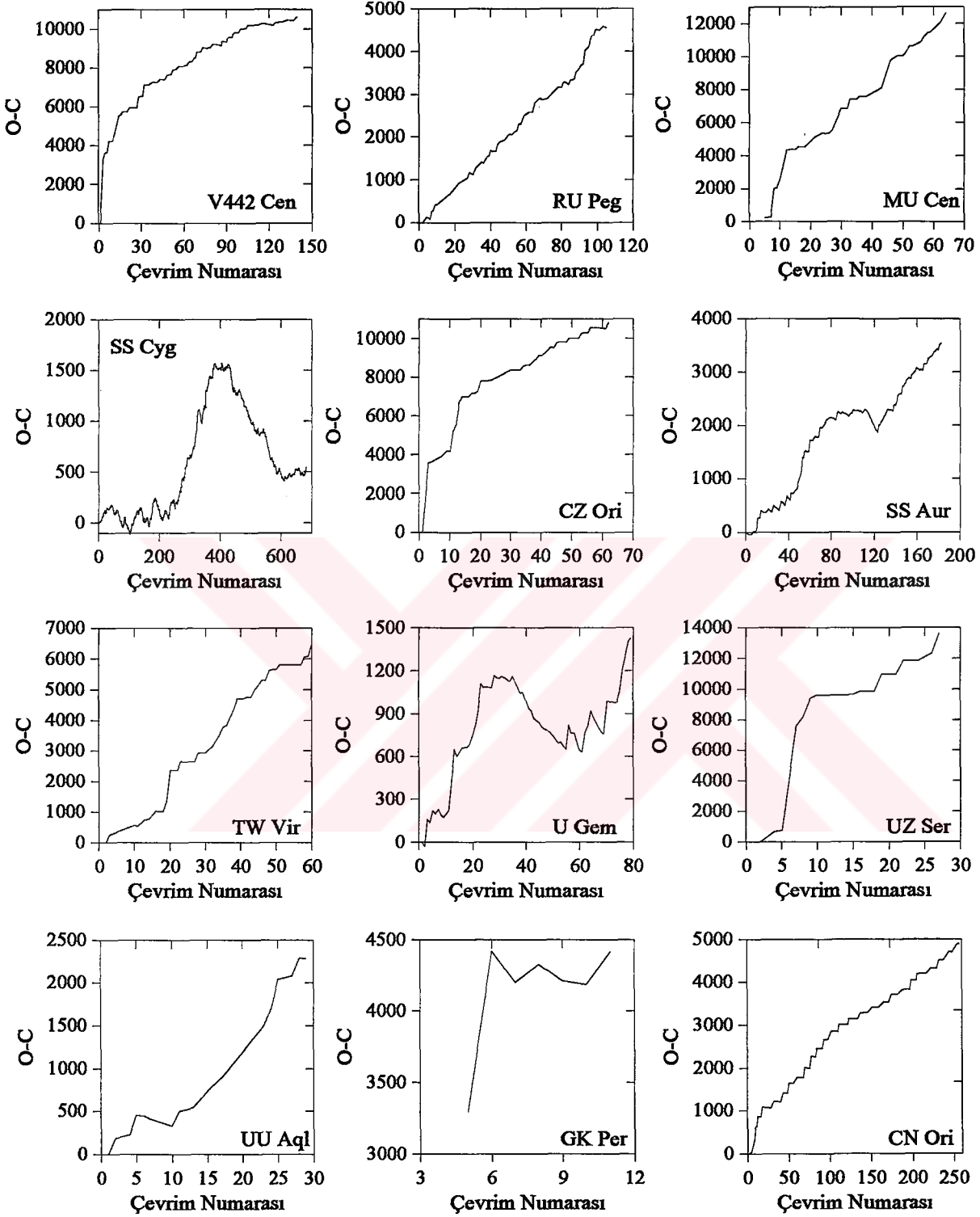


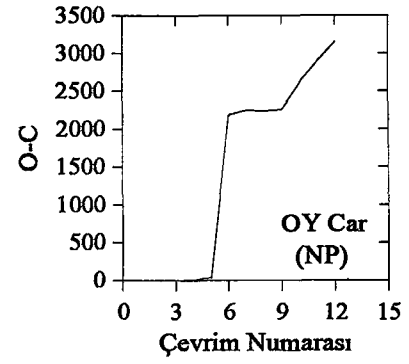
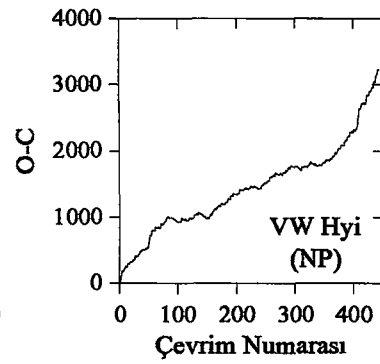
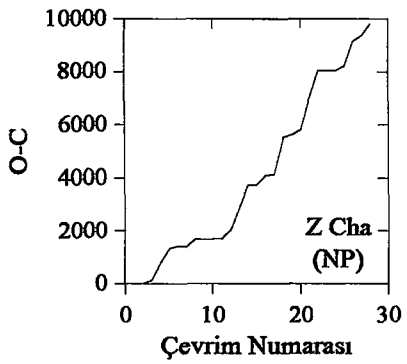
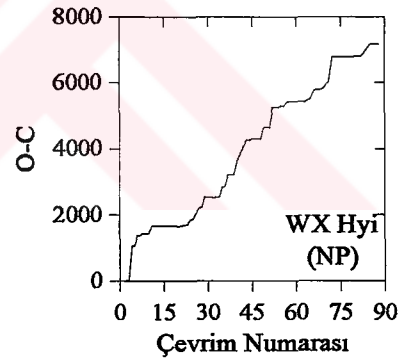
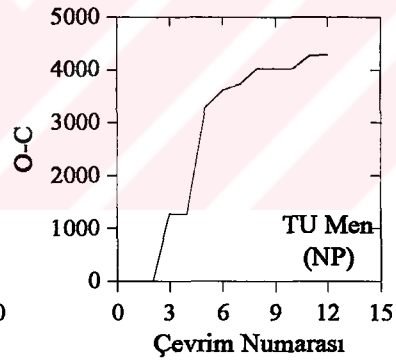
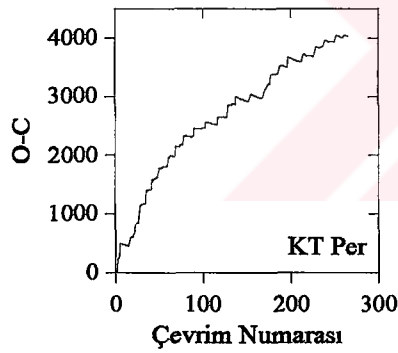
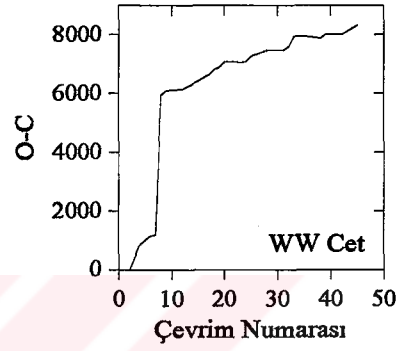
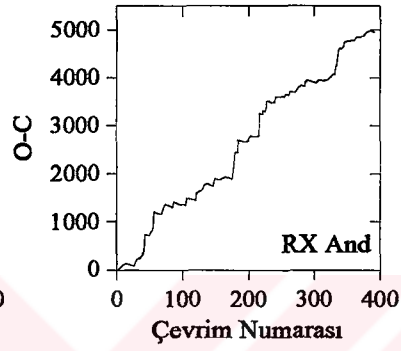
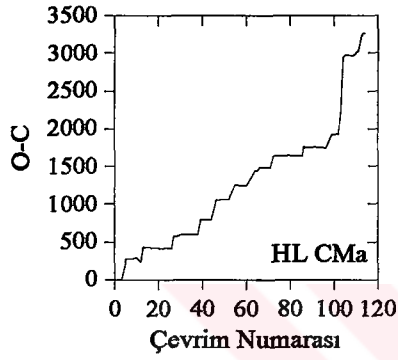
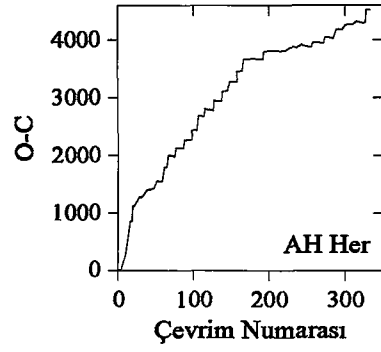
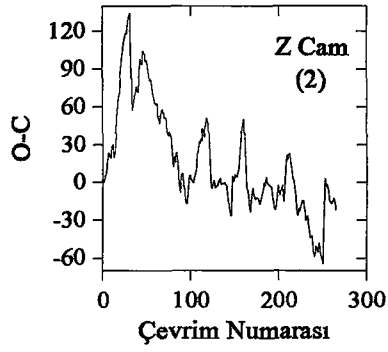
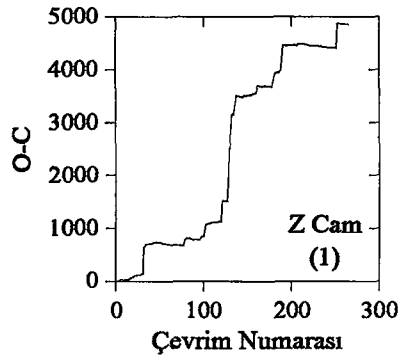
EK-3(devam)

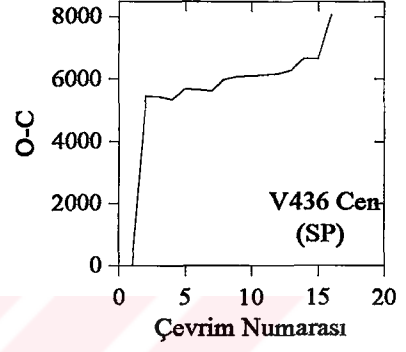
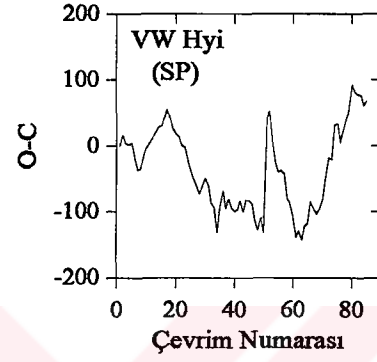
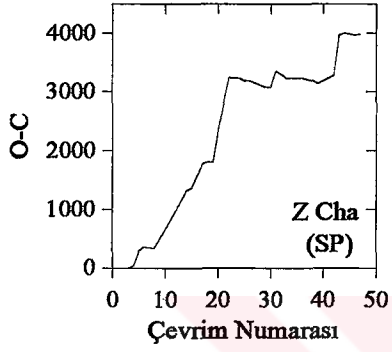
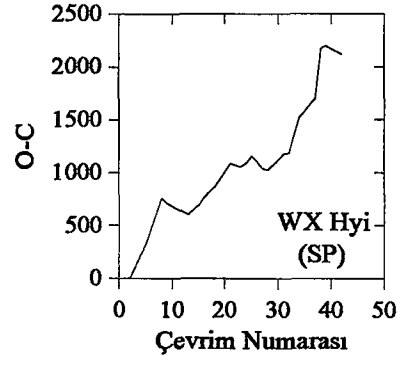
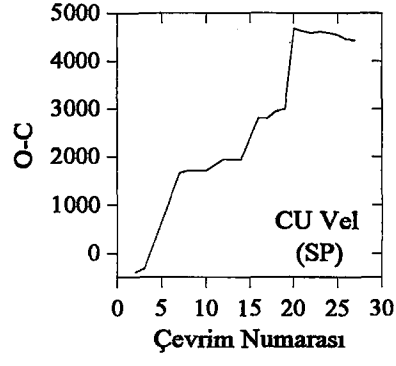
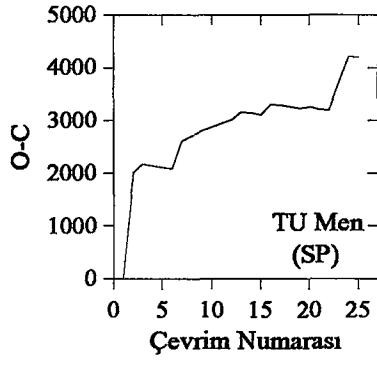


EK-4

Sistem	P (saat)	M ₁ (M _☉)	M ₂ (M _☉)	Tip	tc (gdn)	tb (gdn)	At _{dec} (gdn/m ²)	Δt _{dec} (gdn/m ²)	m _{max} (^o)	m _{min} (^o)	A (^o)	tq (gdn)	tc (S) (gdn)	tb (S) (gdn)	Δt _{dec} (S) (gdn/m ²)	m _{max} (S) (^o)	A (S) (^o)	M _{max} (^o)	M _{min} (^o)
AR And	2.26			?	23	6	0.58	0.38	11.8		5.2	19							
X Leo	3.9456			UG	20	8	1.14	0.57	12.1	15.6	3.5	10						4.6	8.1
CY Lyr				UG	16	5.5	0.79	0.39	13.2		3.8	11							
SY Cnc	9.12	0.89	1.10	UG	27	16.5	2.31	2.31	11.1	13.7	2.6	10						3.1	6.4
EM Cyg	6.9818	0.57	0.76	ZC	24	7	3.57	1.43	12.5	13.9	1.4	17						4	7.2
TZ Per				ZC	17	11	2.50	1.88	12.5	14.1	1.6	4							
YZ Cnc	2.0862	0.82	0.17	SU	12	3.5	0.87	0.43	11.9	14.2	2.3	7	134	17	2.56	10.5	3.9		
IR Gem	1.6416			SU	34	5	0.79	0.26	11.7	15.5	3.8	24	174	12	1.16	11.2	4.3	5	8.8
AY Lyr	1.7616			SU	24	3	0.53	0.26	13.2		3.8	17	205	13	1.70	12.3	4.7	5.2	9
TY Psc	1.6378			SU	24	3	0.73	0.98	12.2		4.1	22		13	1.52	11.7	4.6		
SU UMa	1.8324			SU	19	4	1.36	0.45	12.2	14.4	2.2	14	160	20	4.06	11.2	3.2	5.3	7.9
DX And	10.596		0.80	UG	400	20													
CH UMa	8.232	1.95	0.96	UG	200	18					5.2								
AH Eri	5			?	24	5													
TU Ind	5			?	22	4													
CW Mon	4.2288			UG	160	10					4.4							4.6	8.1
IP Peg	3.7969	1.15	0.67	UG	65	9											4.3	7.8	
AB Dra	3.6475			ZC	12	10													
AF Cam	5.52			UG	75						3.6								
T Leo	1.4116	0.16	0.11	SU	338				12.8	16.9	4.2					12.2			11.1
RZ Sge	1.6464			SU	64						4.1		266					5.2	9.3
VW Vul	1.7544	0.24	0.14	SU	18						2								
HT Cas	1.7675	0.61	0.09	SU	166						5.6							5.2	9.1
WX Cet	1.25			SU					12.6	16.5			400			10.8			
LL And	1.34			SU					12.5	17.5			1000			9.5			
HV Vir	1.3918			SU						20			5000			13.8			
CY UMa	1.3992			SU	115					19.2			3500			11.5			
V1159 Ori	1.4093			SU	4.1					17			297			11.9			
VY Aqr	1.416			SU	400				13.6	15.5			53			12.5			
UV Per	1.4928			SU					10.9	17.1			800			10.3			
TT Boo	1.74			SU	45				12.7	17.5			360			11.9			
AW Gem	1.829			SU	98				12.7	19.2			410			13.1			
EF Peg	1.96	0.65	0.17	SU					13.8	18.8			254			10.7			

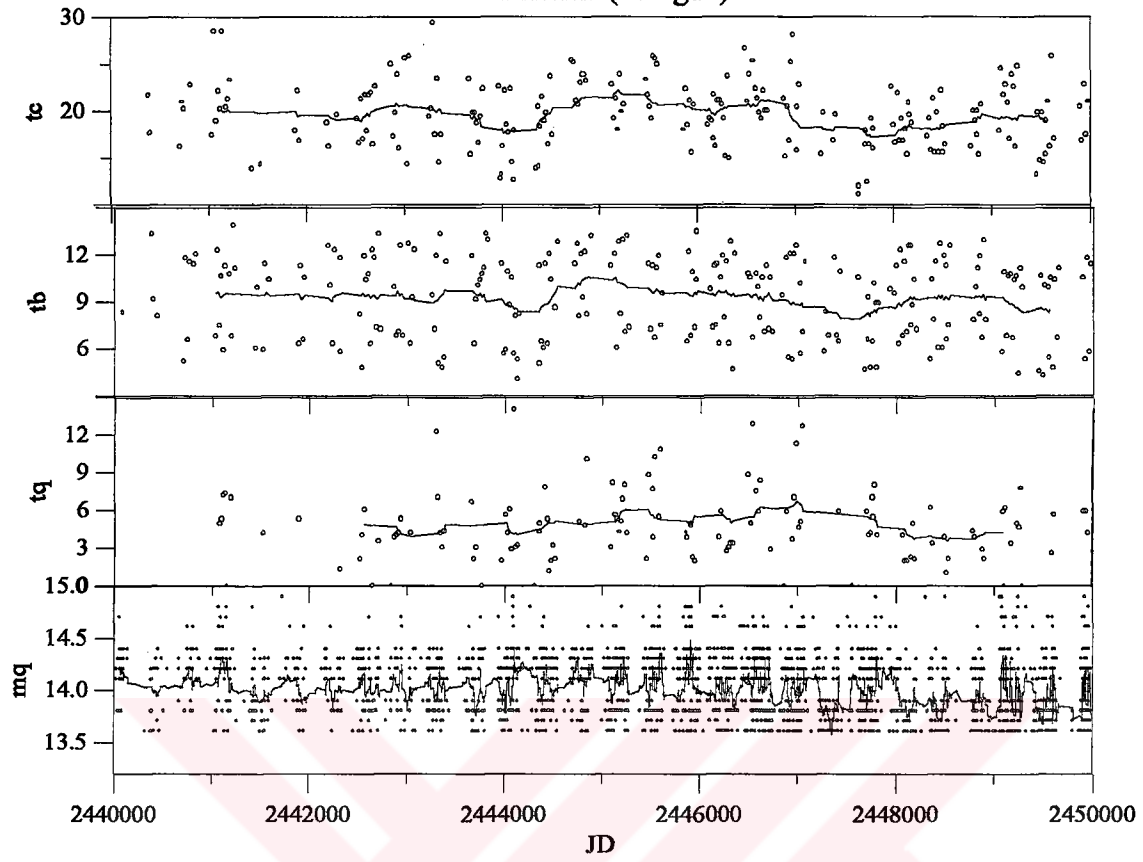




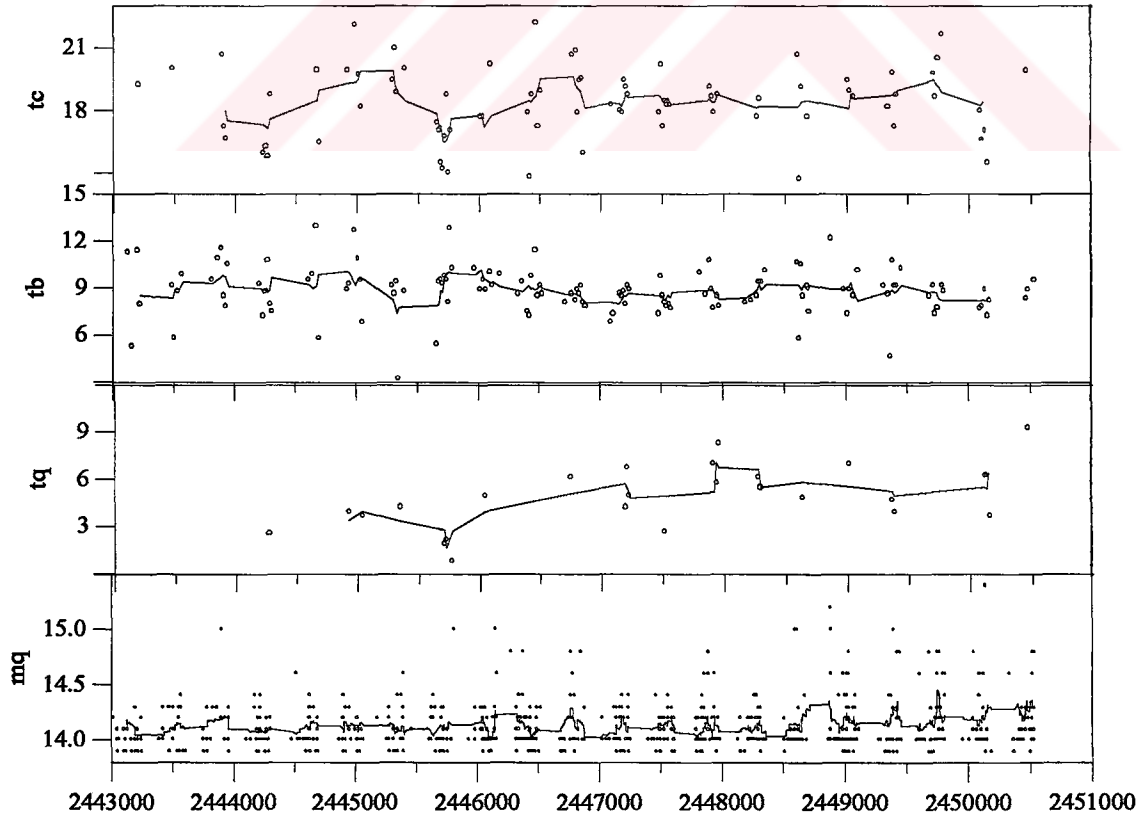


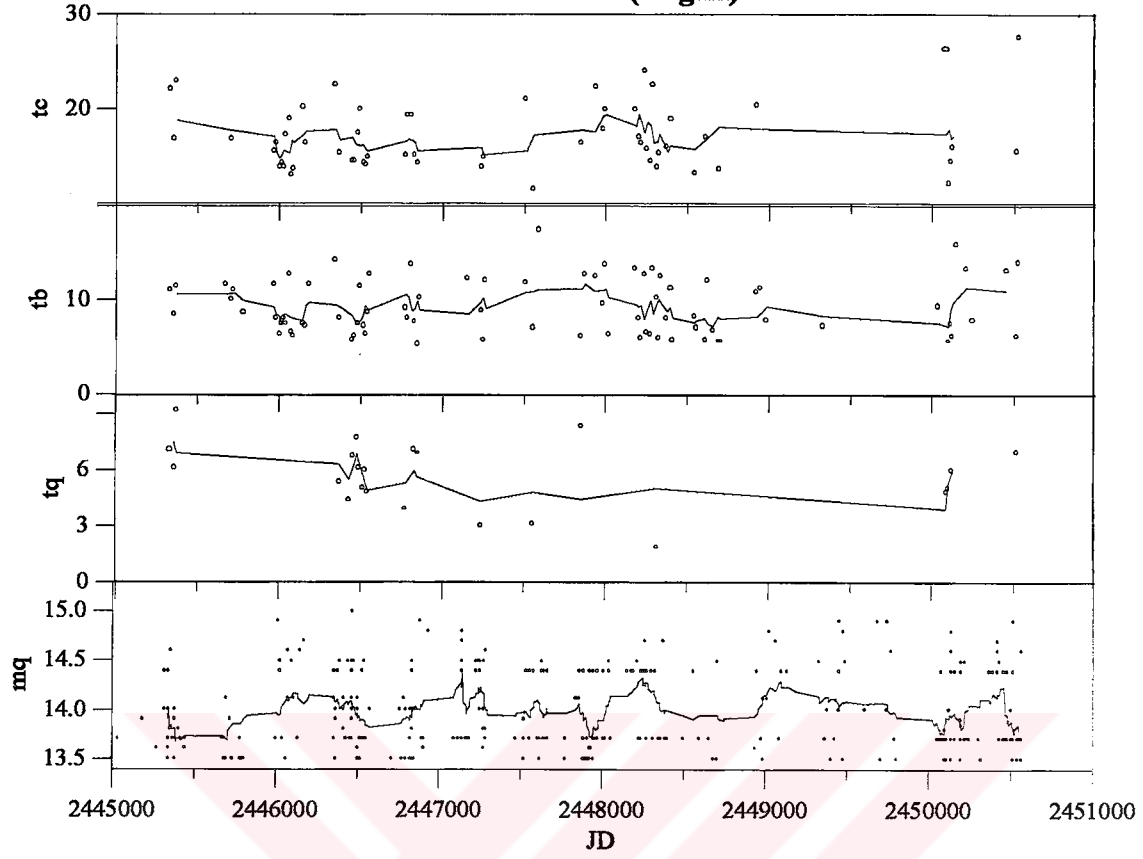
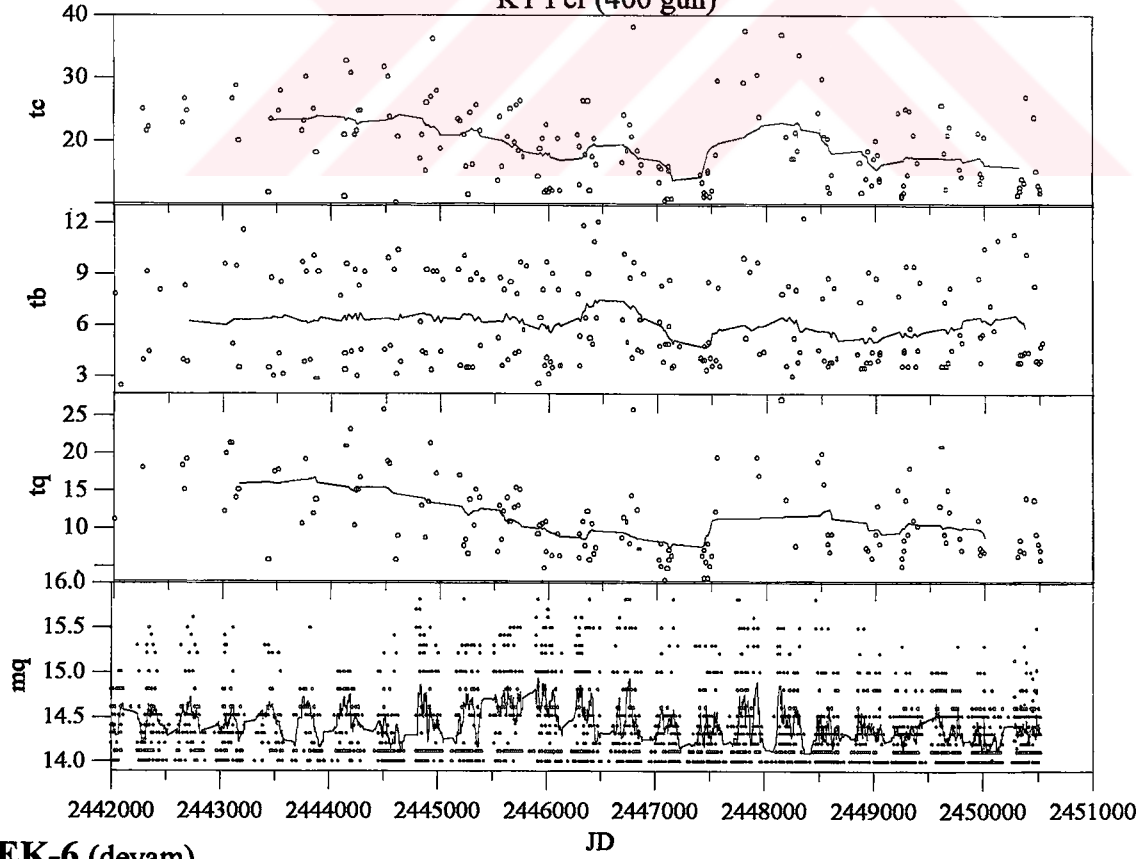
EK-5(devam)

AH Her (400 gün)

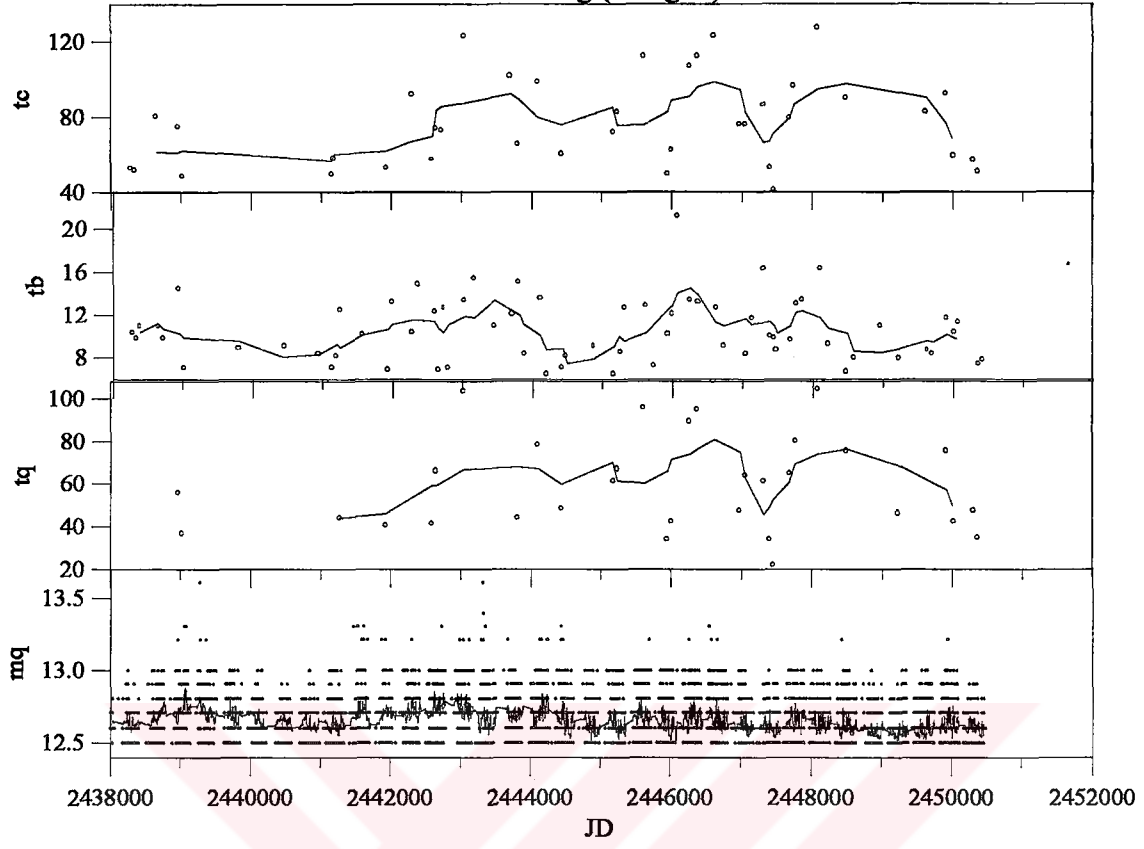


CN Ori (130 gün)

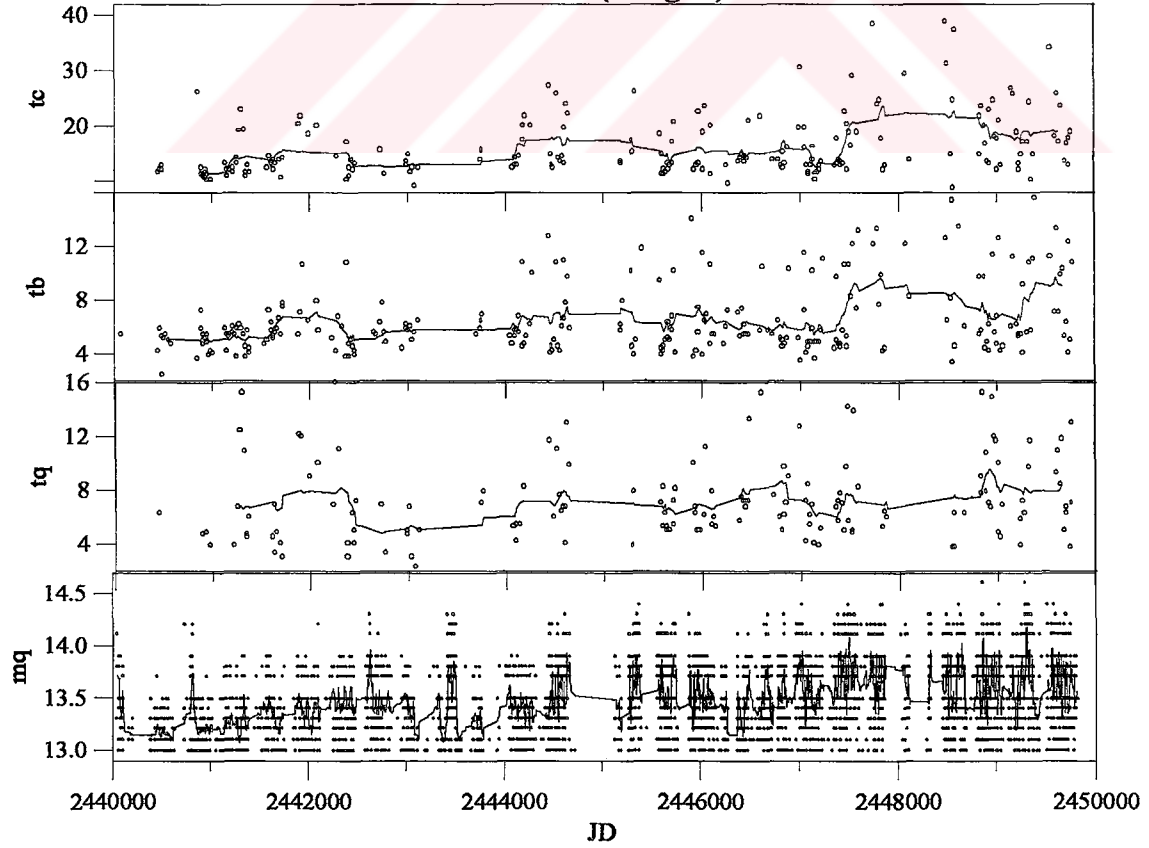


HL CMa (85 gün)**KT Per (400 gün)****EK-6 (devam)**

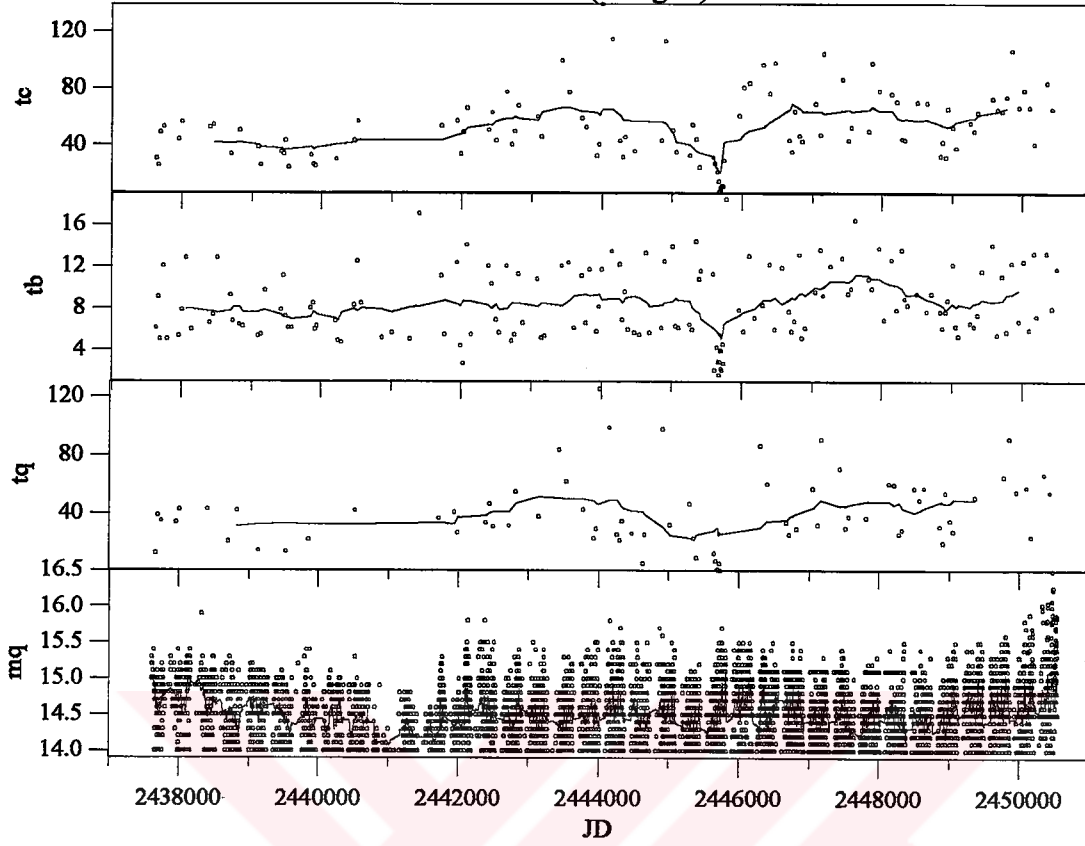
144
RU Peg (380 gün)



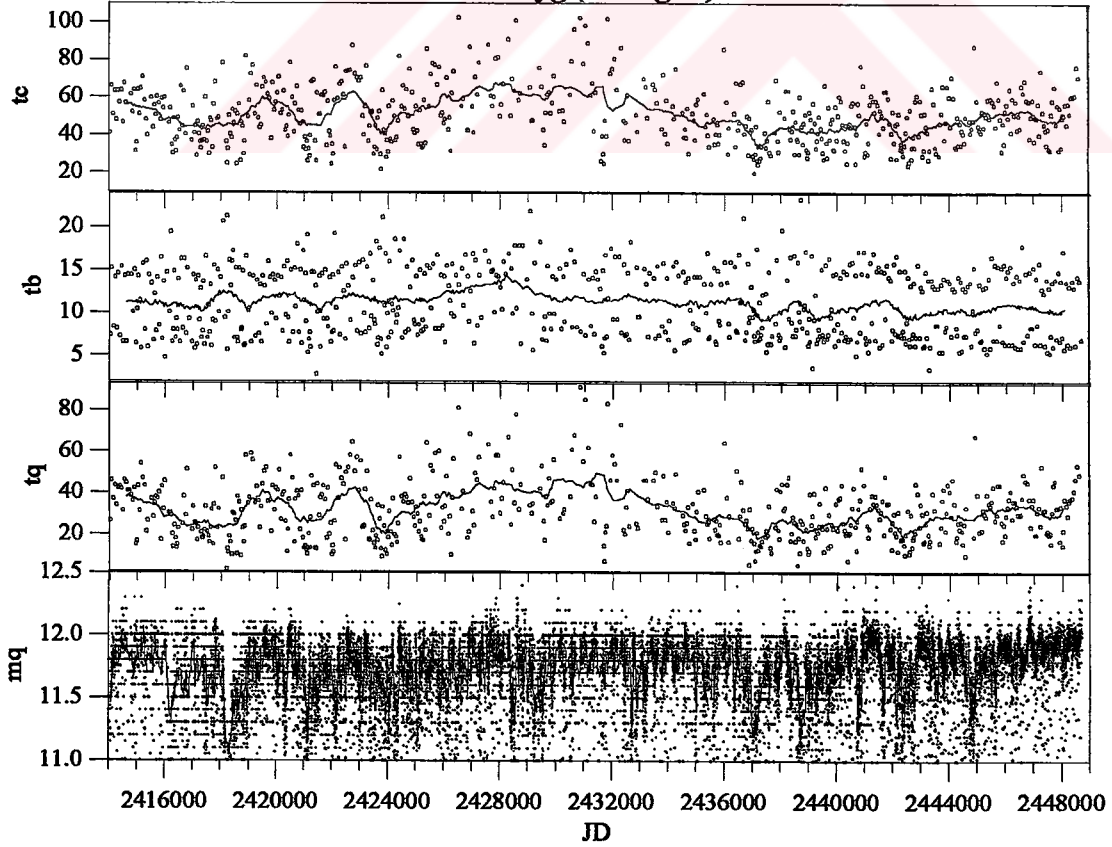
RX And (200 gün)

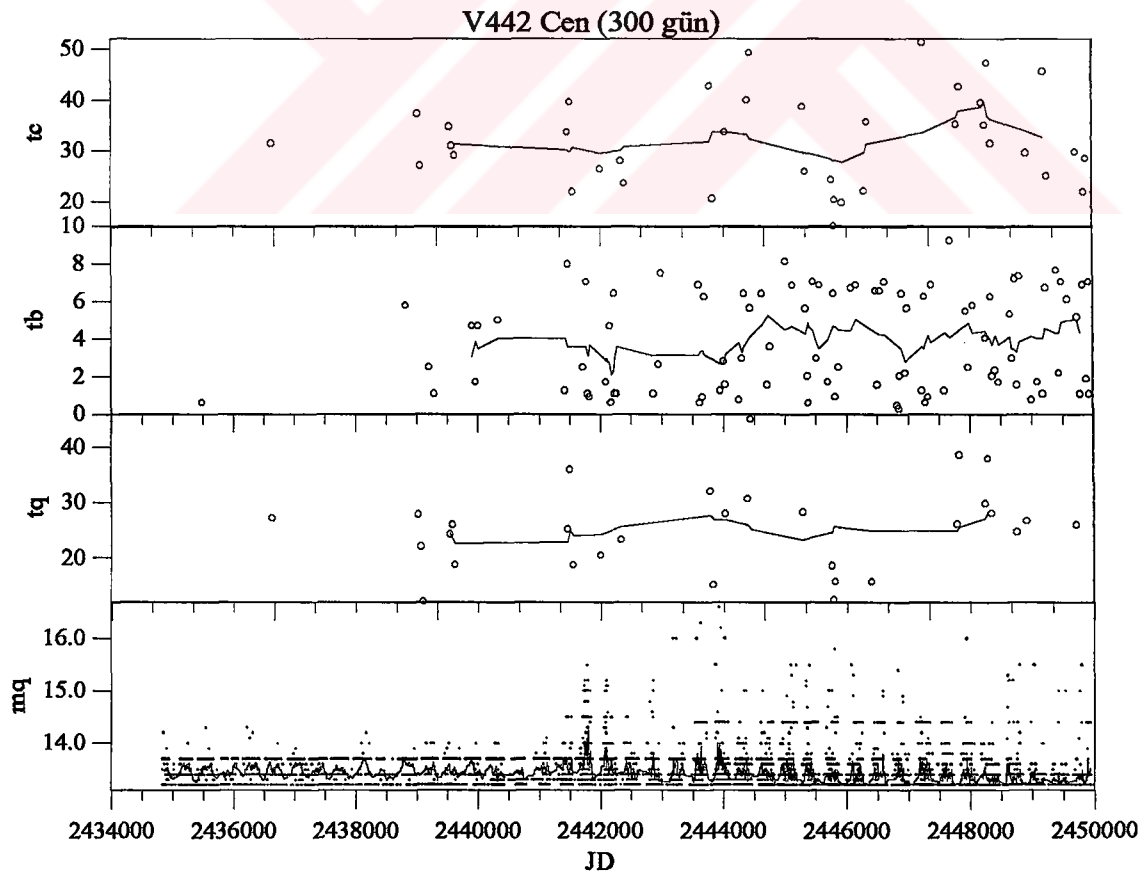
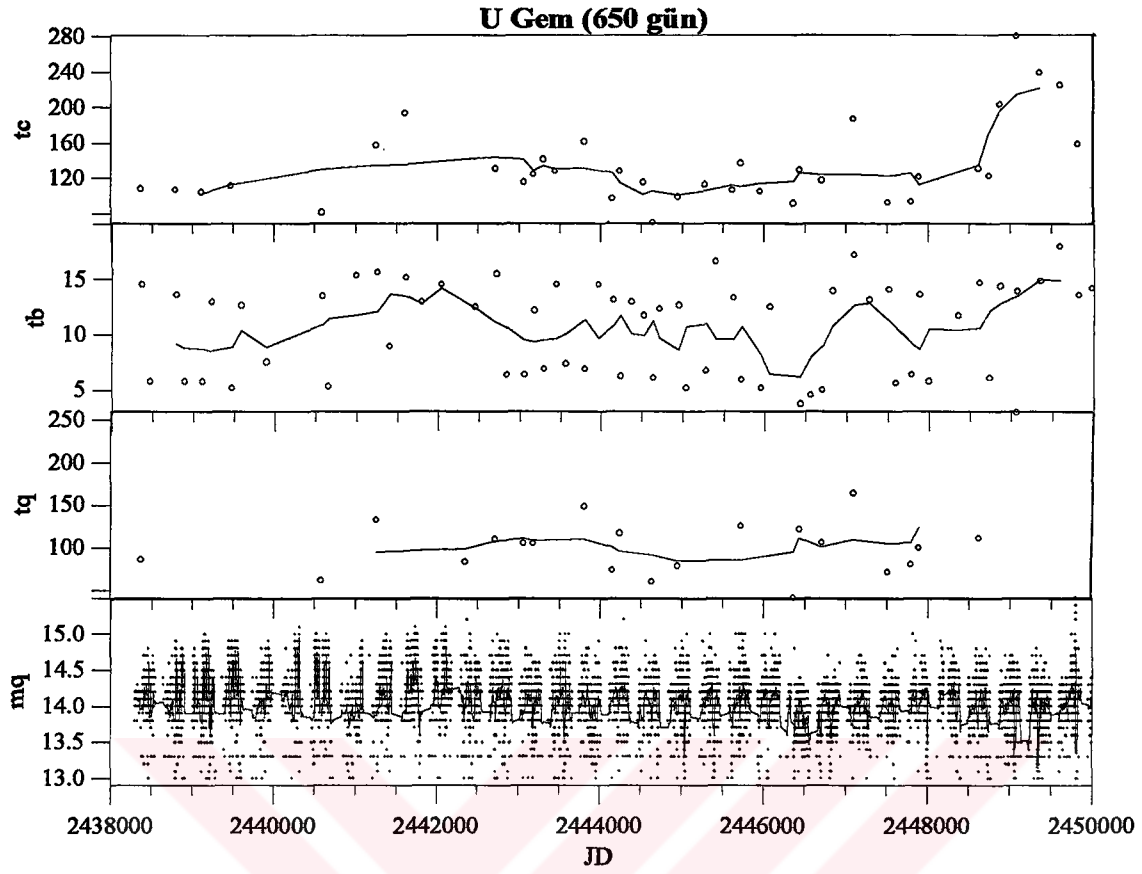


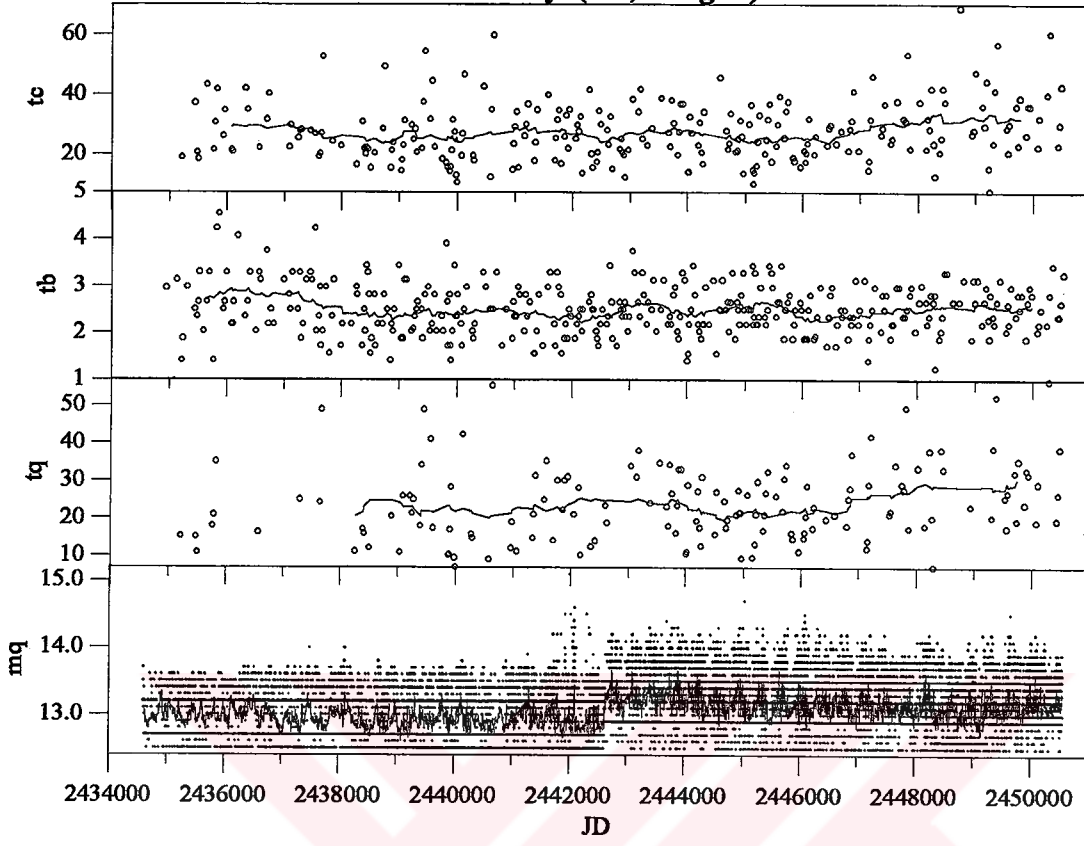
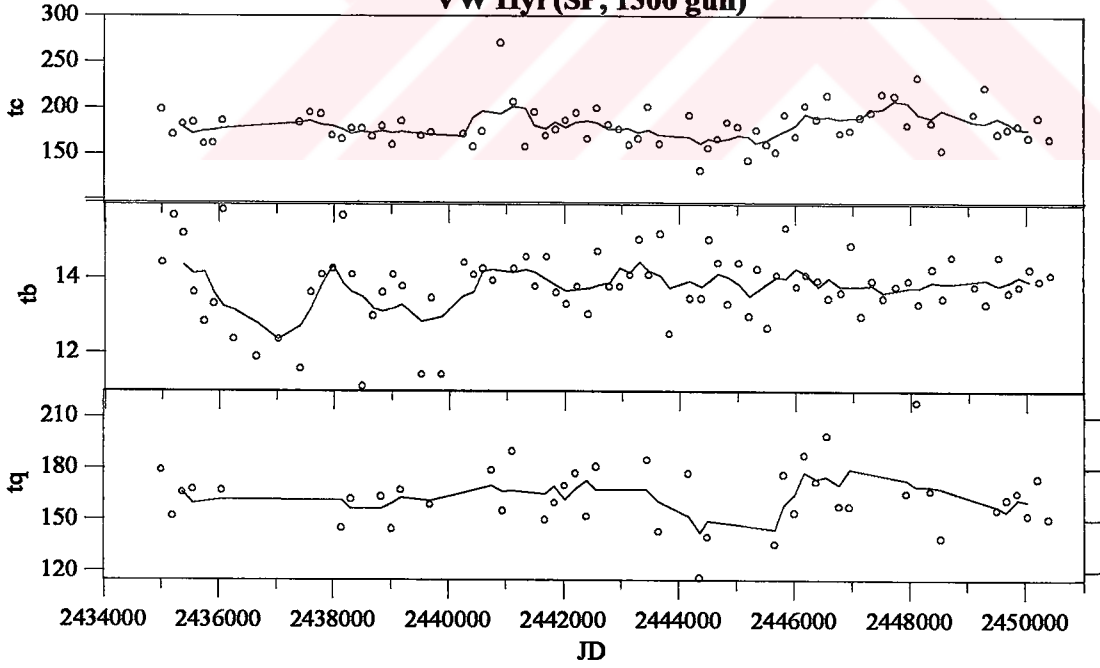
SS Aur (750 gün)

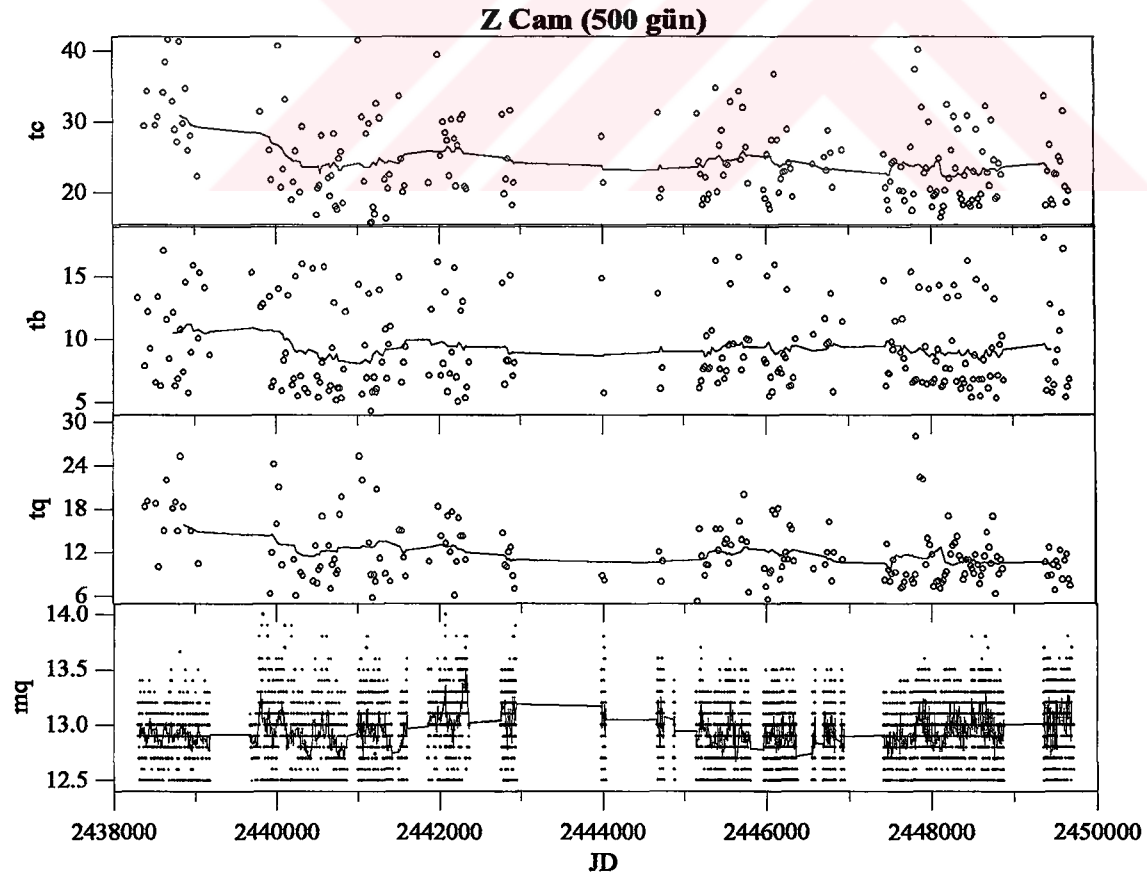
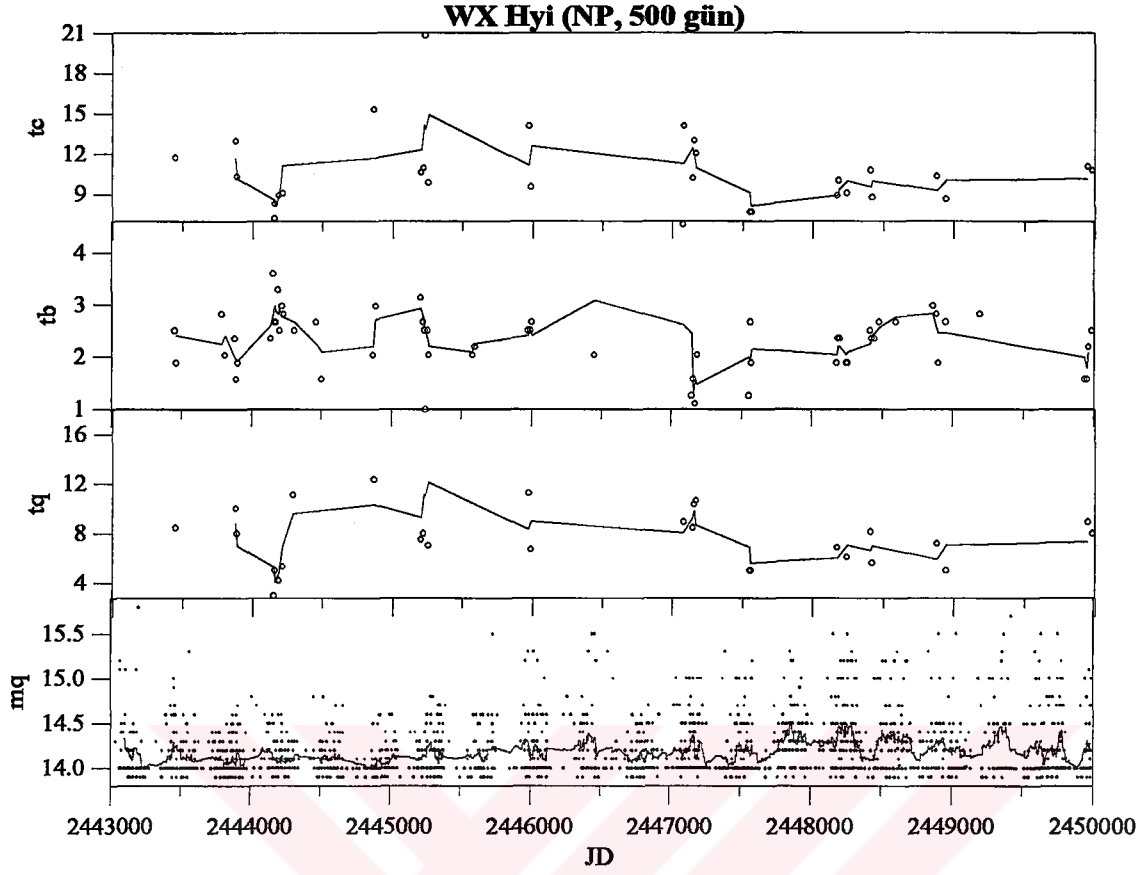


SS Cyg (1000 gün)



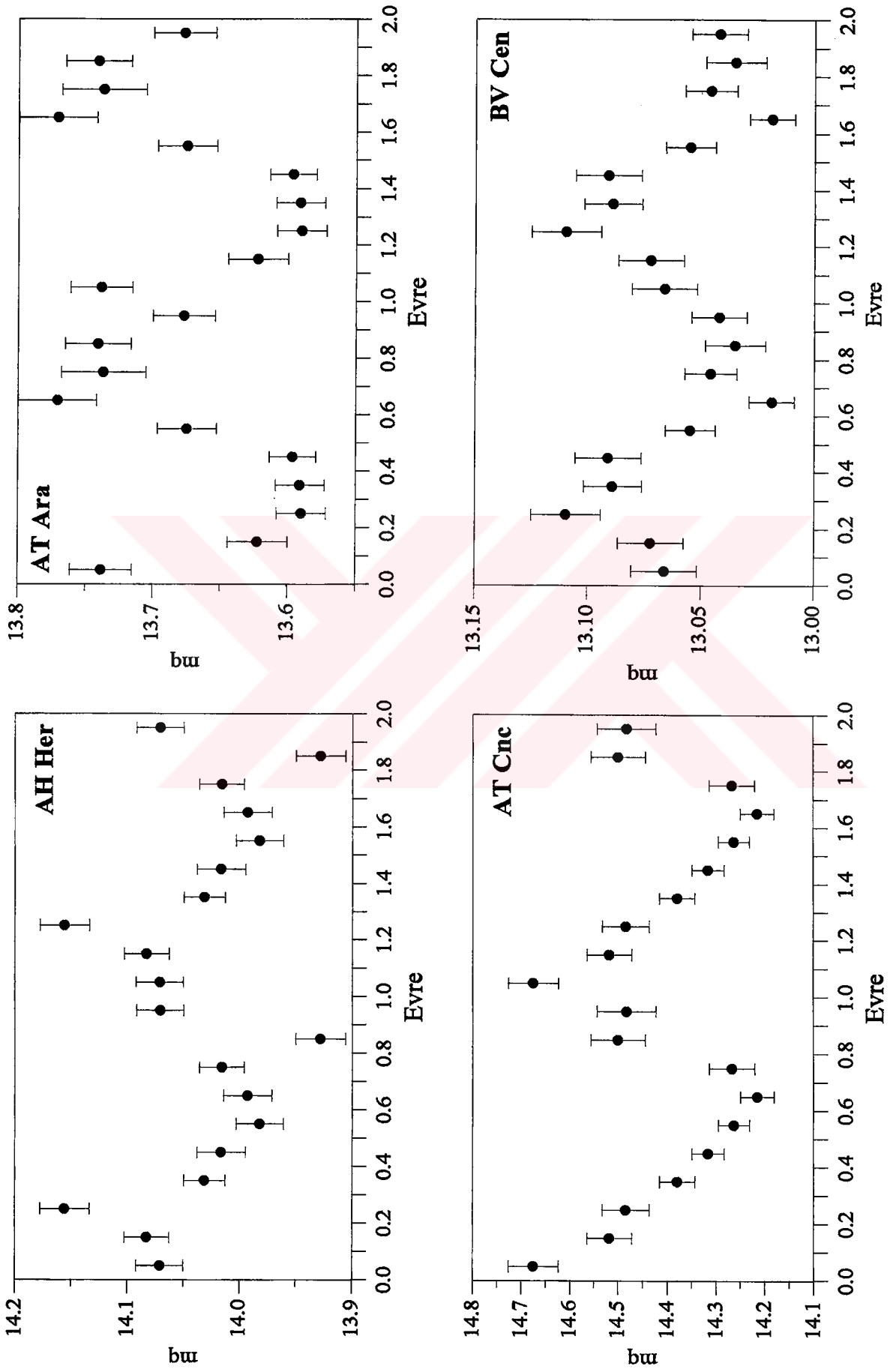


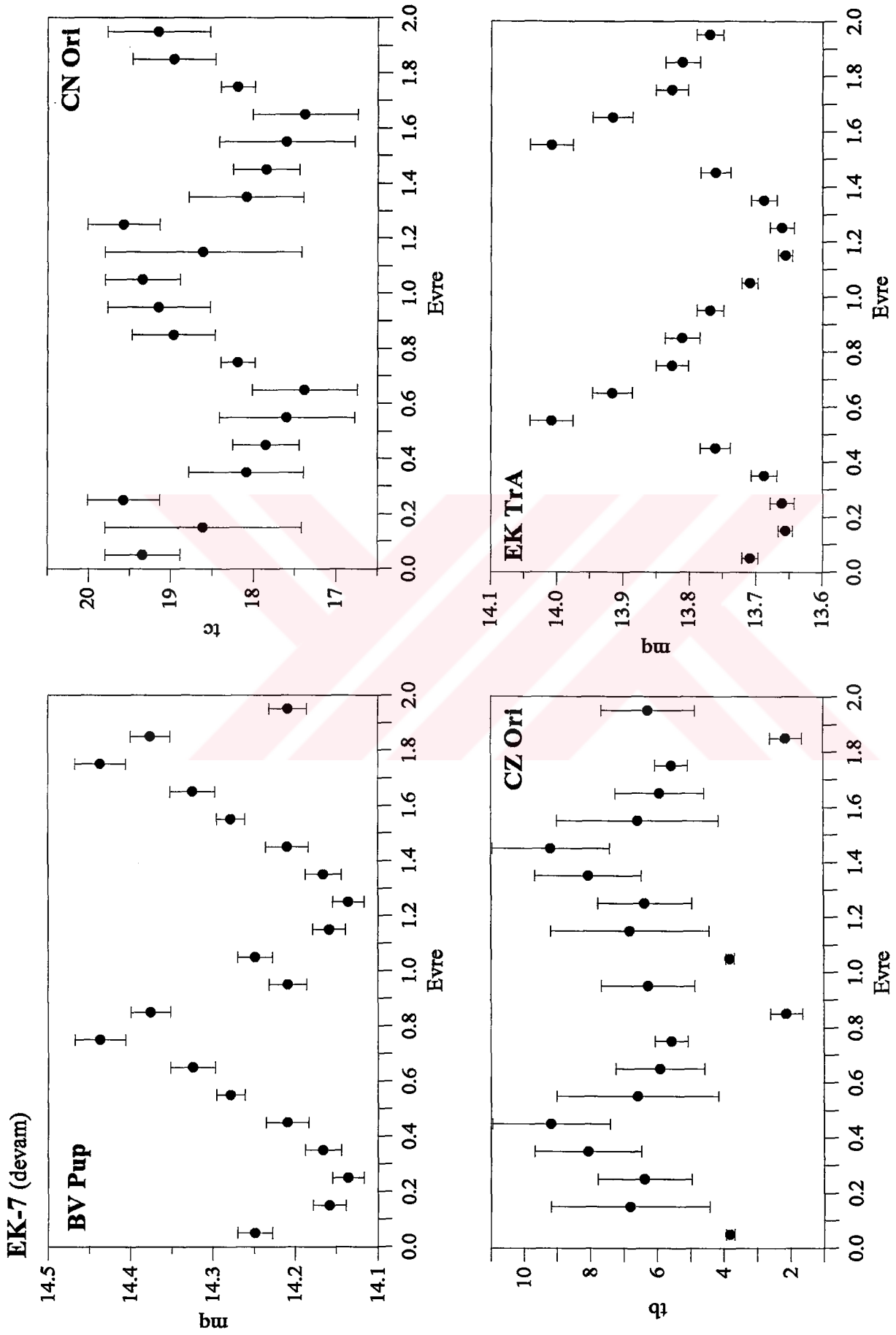
VW Hyi (NP, 600 gün)**VW Hyi (SP, 1300 gün)****EK-6 (devam)**



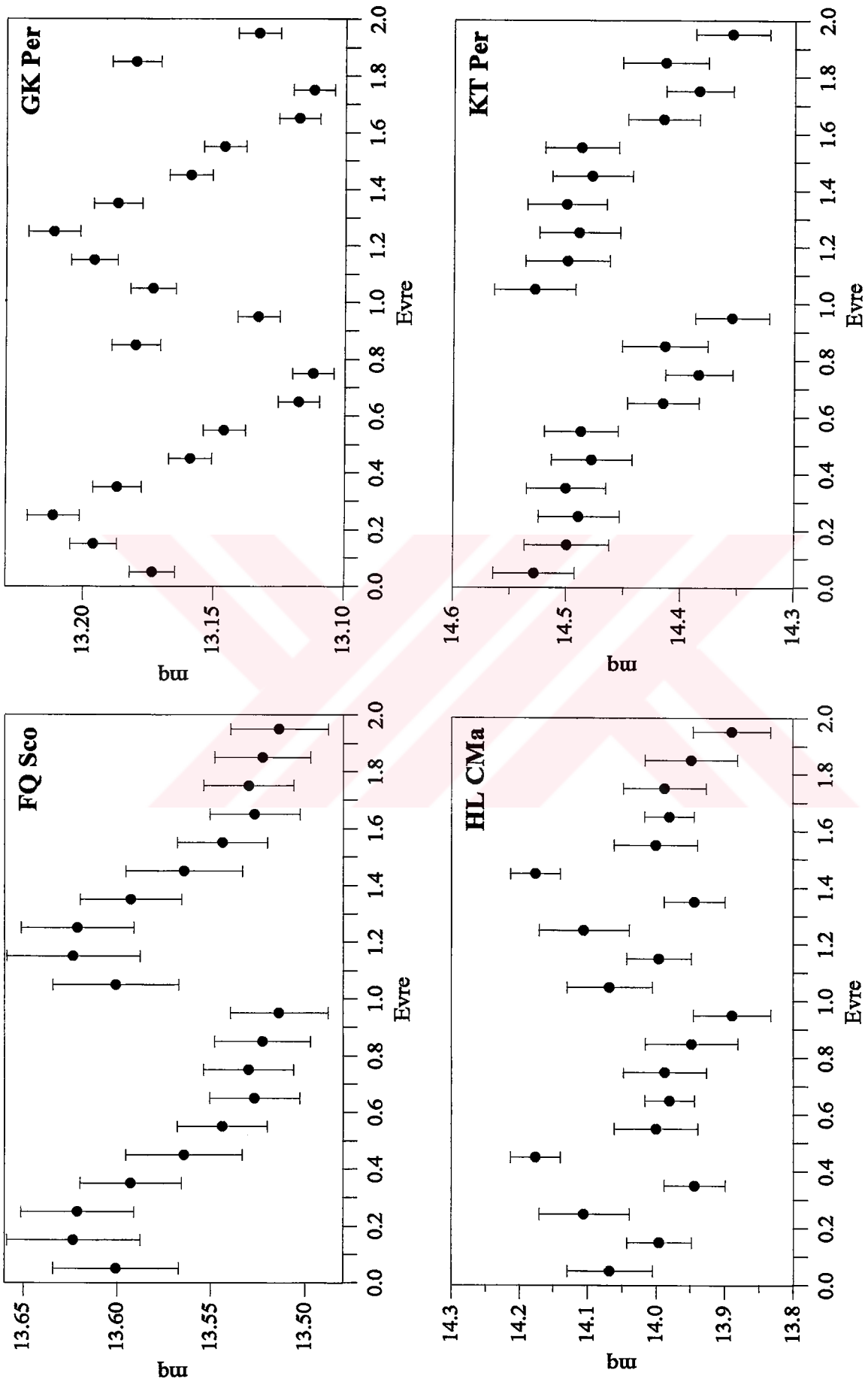
EK-6 (devam)

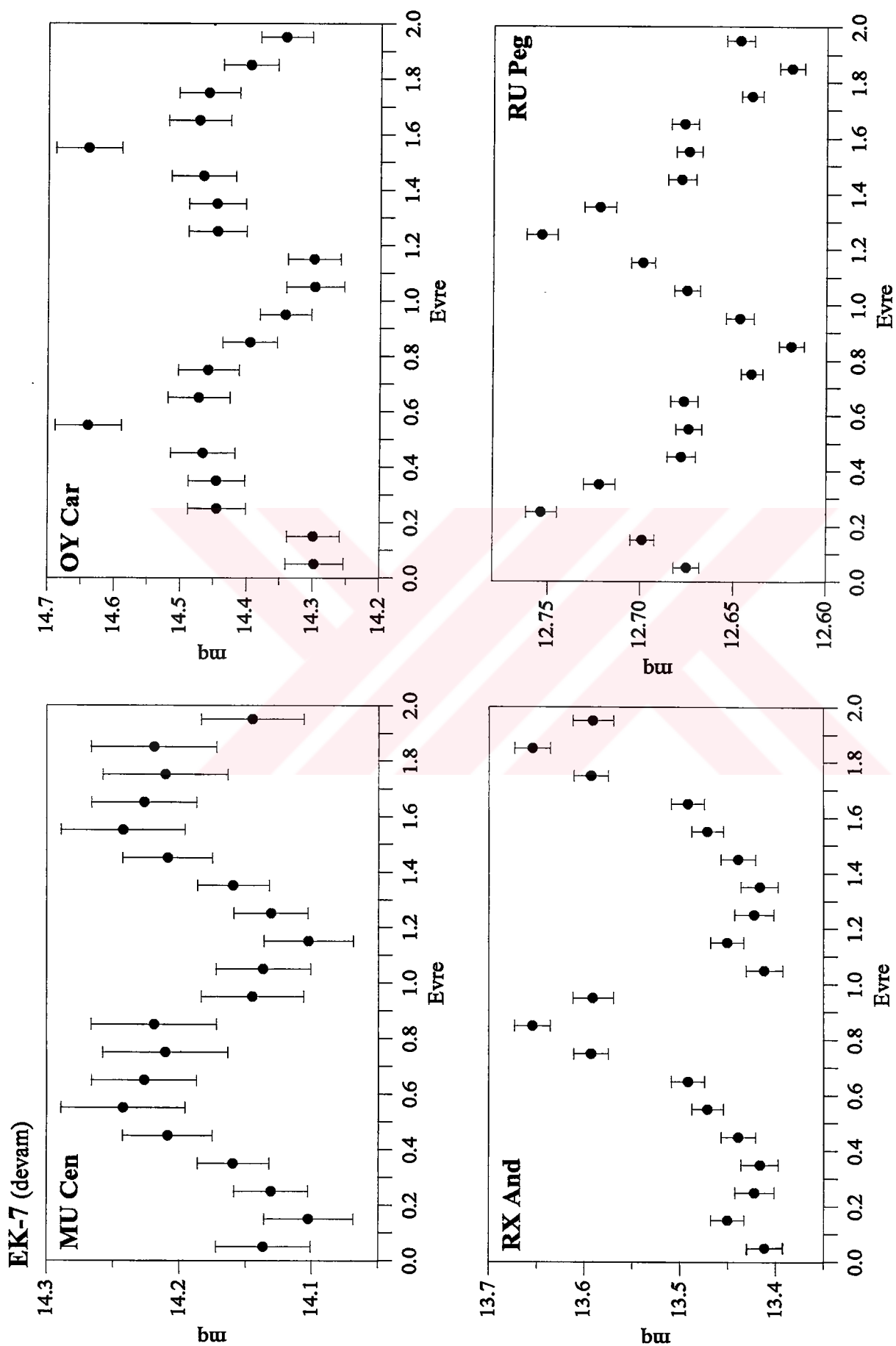
EK-7



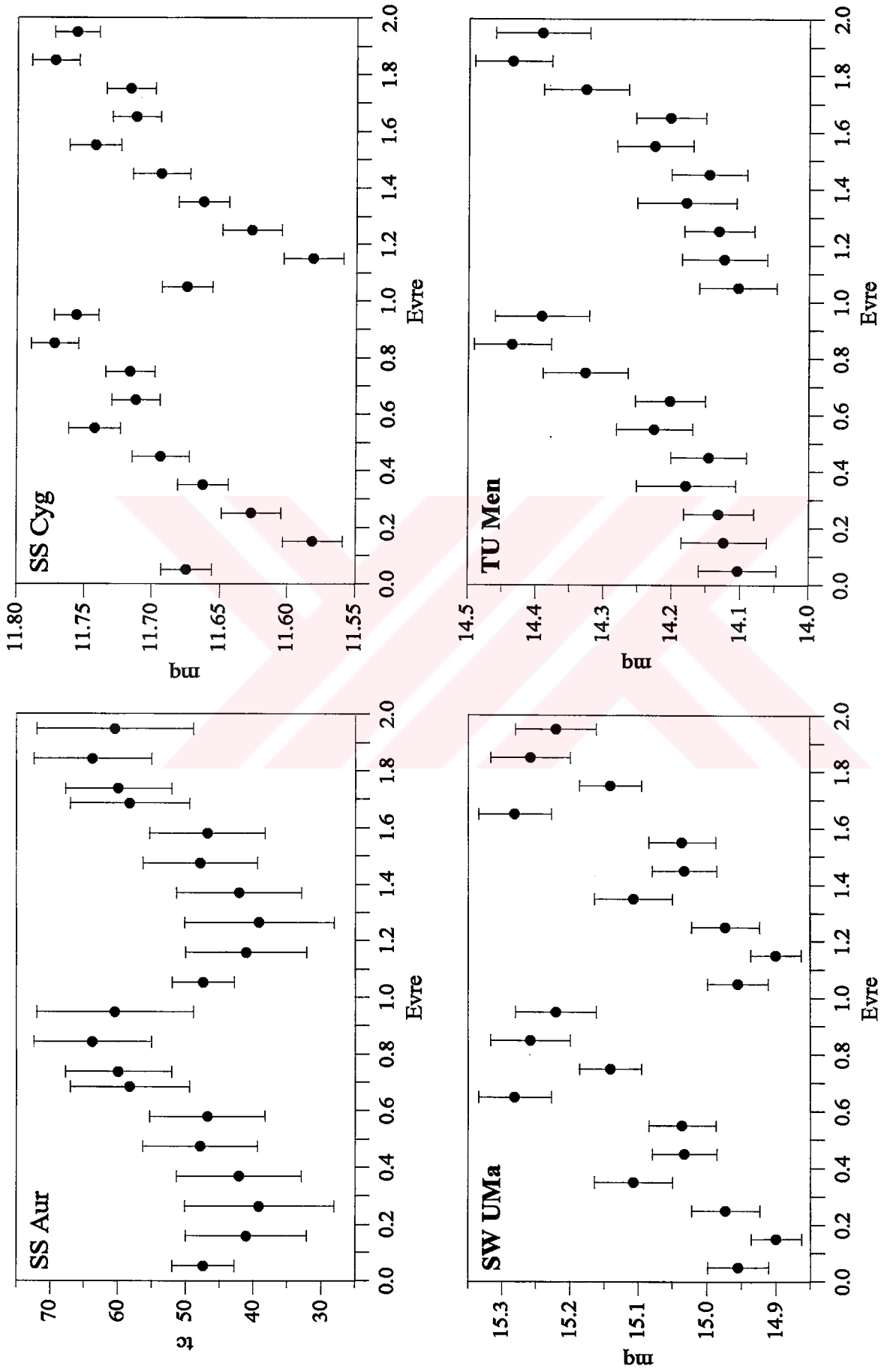


EK-7 (devam)

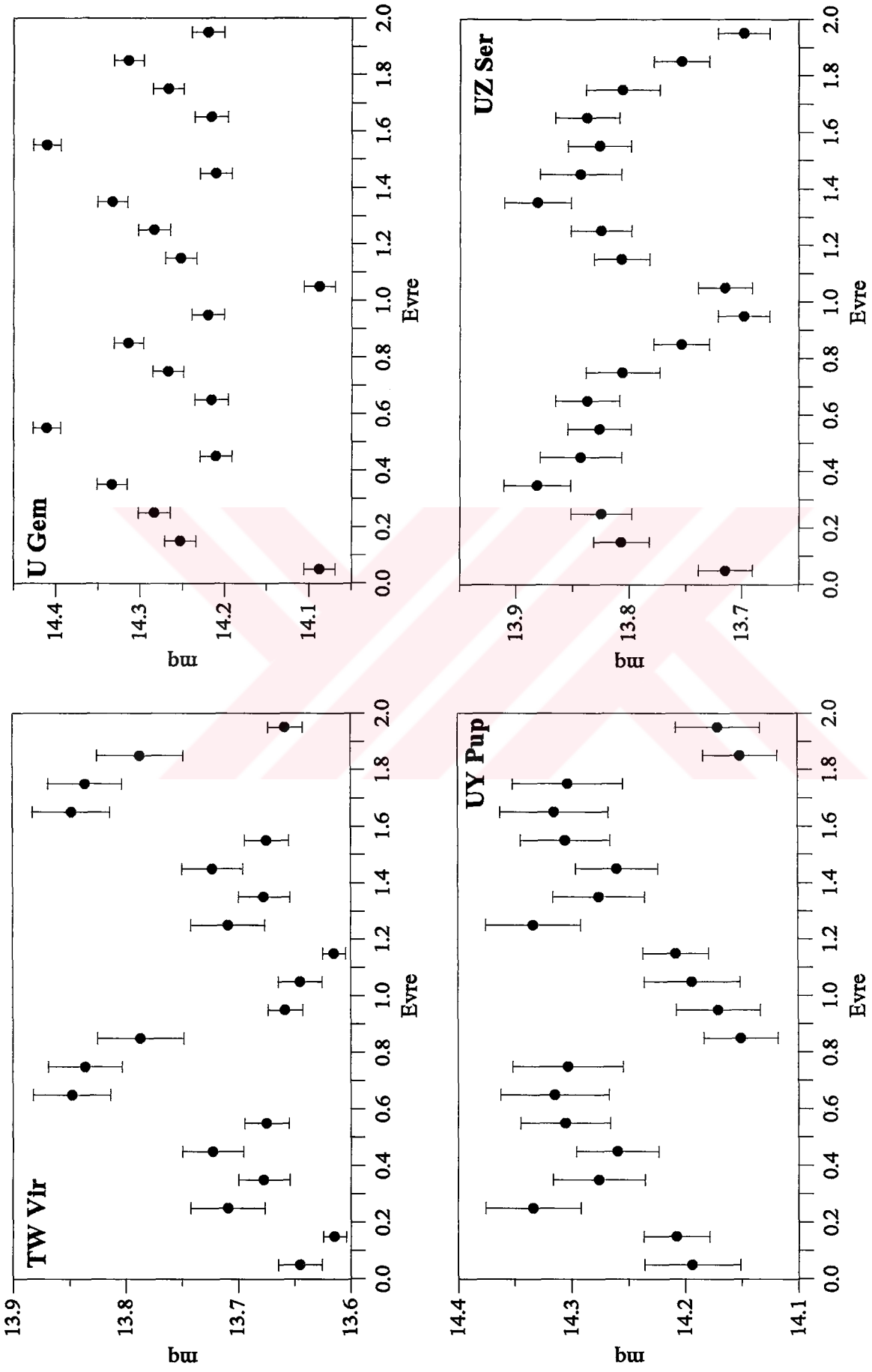




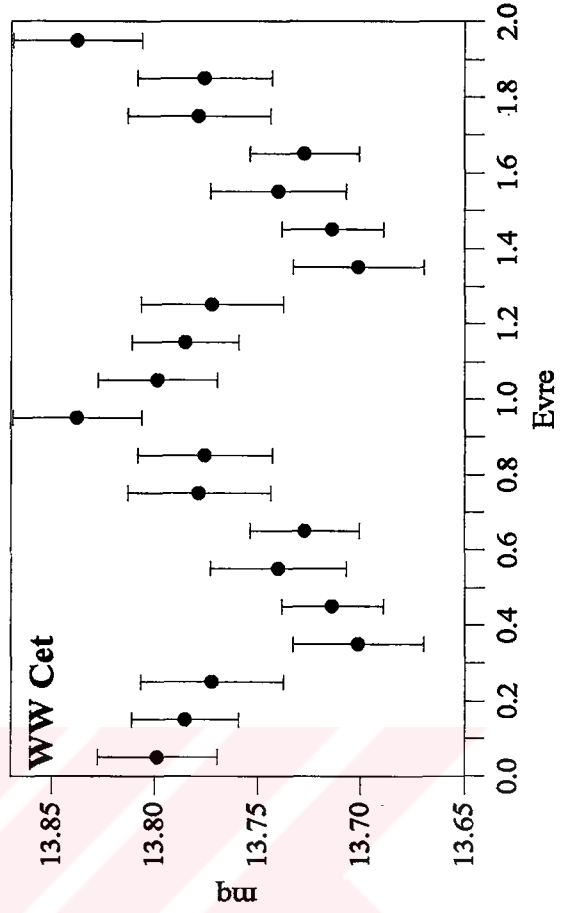
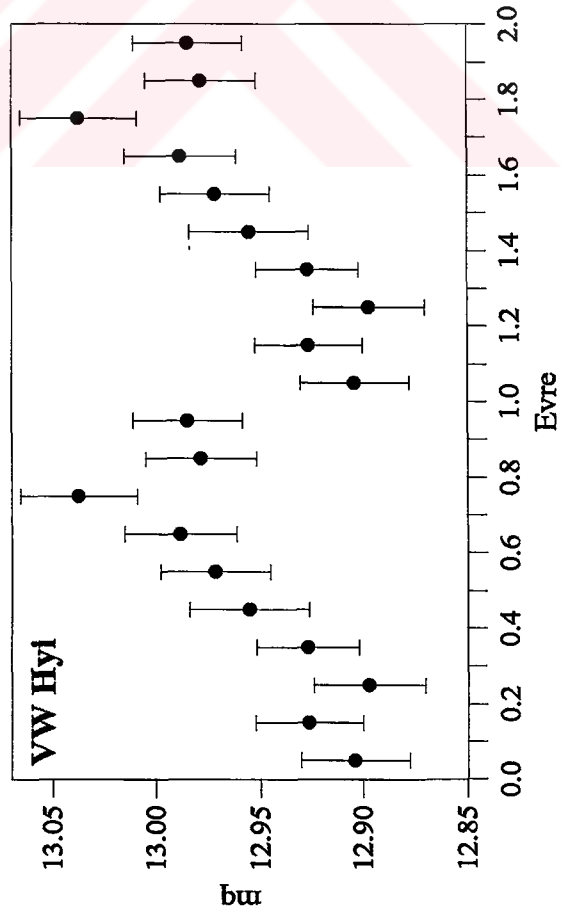
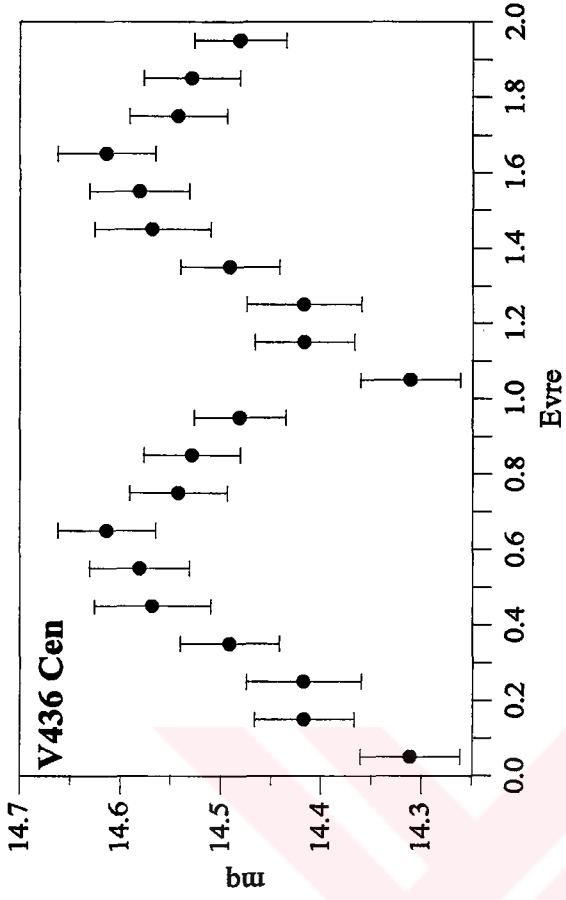
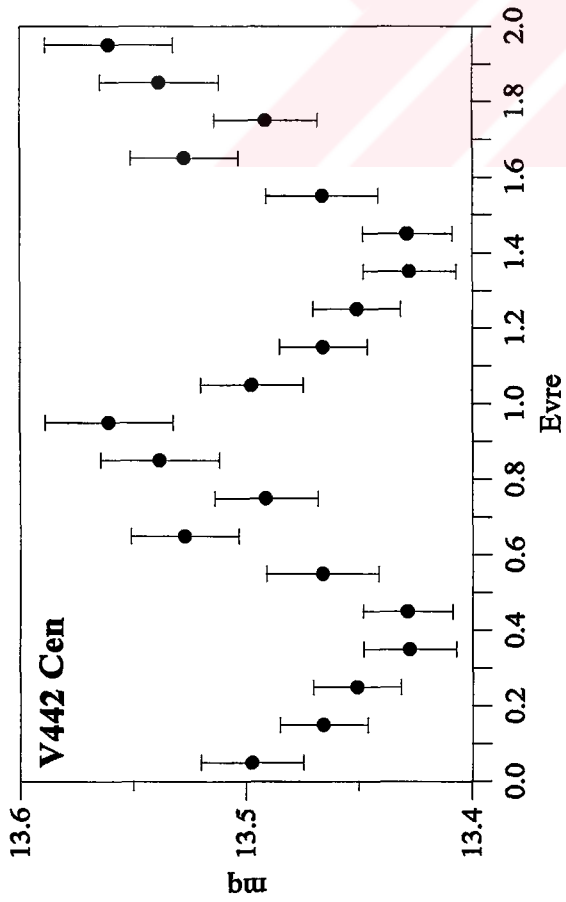
EK-7 (devam)



EK-7 (devam)



EK-7 (devam)



EK-7 (devam)

