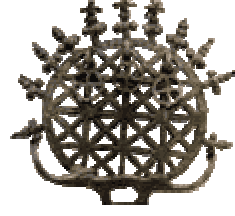


T.C.  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN FAKÜLTESİ  
ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ BÖLÜMÜ



A448  
ÖZEL KONU

## KATAKLİZMİK DEĞİŞEN YILDIZLAR

Hazırlayan: Mesut Yılmaz  
97055005

Danışman: Prof. Dr. Semanur Engin

Ankara – 2001

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

## ÖZET

### BÖLÜM I

1. GİRİŞ .....	1
1.1. Katalizmik Değişen Nedir? .....	2
1.2. Katalizmik Değişenler Üzerinde Yapılan Çalışmalar .....	3
1.3. Katalizmik Değişenlerin Modeli .....	5
1.4. Disk Yapısının Özellikleri .....	7
1.5. Katalizmik Değişenlerin Kütleleri .....	8

### BÖLÜM II

2. KATAKLİZMİK DEĞİŞENLERİN SINIFLANDIRILMASI	
2.1. Katalizmik Değişenleri Sınıflandırma .....	11
2.2. Katalizmik Değişen Yıldızlar .....	12
2.3. Manyetik Katalizmik Değişenler ve Özellikleri .....	14
2.4. Katalizmik Değişenlerin Diğer Özellikleri .....	19

### BÖLÜM III

3. KATAKLİZMİK DEĞİŞENLER VE ALT SINIFLARI	
3.1. Novalar .....	23
3.1.1. Hızlı Novalar .....	24
3.1.2. Yavaş Novalar .....	25
3.1.3. Çok Yavaş Novalar .....	25
3.1.4. Yinelenen Novalar .....	26

Sayfa No

3.2.	Nova Benzeri Yıldızla .....	29
3.2.1.	AM CVn Yıldızları .....	30
3.2.2.	AM Her Yıldızları .....	31
3.2.3.	DQ Her Yıldızları .....	33
3.2.4.	UX UMa Yıldızları .....	34
3.2.5.	VY Scl Yıldızları .....	34
3.3.	Cüce Novalar .....	35
3.3.1.	SS Cyg'ni Değişenleri .....	38
3.3.2.	Z Camelopardalis Değişenleri .....	39
3.3.3.	SU Ursae Majoris Değişenleri .....	40
3.4.	Simbiyotik Yıldızlar .....	43
3.5.	Süpernovalar .....	46
4.	SONUÇ .....	49
	KAYNAKLAR .....	50

## ÖNSÖZ

İlk değişen yıldızın 13 Ağustos 1596 'da İtalyan Fabricius tarafından keşfedilmesinden sonra, günümüze kadar geçen zaman içinde birçok değişen yıldız türü keşfedilmiştir. Bunlardan biri de Kataklizmik Değişen yıldızlardır, yani ani patlayan yıldızlardır. 1960 'ta ilk cüce nova'nın keşfi ile başlayan bu tür yıldızların tarihi, birçok araştırma alanı için bir laboratuvar niteliği taşır.

Birçok araştırmacı bu sistemlerin evrimi ile ilgili birçok bilgiye ulaşılmasında katkıda bulunmuşlardır. Örneğin; madde yığılmaları üzerinde yapılan çalışmalar, disk fiziği, nötron yıldızları, beyaz cüceler, X – ışın çiftleri için yapılan çalışmalar, yıldızlarda manyetik alanların varlığı ve nova patlamaları ile ilgili araştırmalar bu tür değişen yıldızların ne derece önemli olduklarını göstermektedir.

Astrofiziğin önemli ve güncel konusu olan Kataklizmik Değişenler, üzerindeki araştırmaların çokluğu bu çalışmada her konuyu ayrıntılı olarak değinilmeye imkan vermemektedir. Burada genel olarak Kataklizmik Değişen yıldızların özelliklerini ve alt türleri hakkında bilgi verilmektedir.

**Ankara – 2001**

**MESUT YILMAZ**

## ÖZET

Yakın çift yıldızların yapısı karmaşık olmakla beraber, çiftin büyük kütleli olan yıldız evrimini tamamlayıp kırmızı dev evresine doğru gelişir. Kırmızı dev belli bir noktaya kadar genişlediğinde, çiftin diğer yoldaşı olan beyaz cüceye doğru kütle transferi başlar. Transfer edilen kütle beyaz cüce etrafına yığılarak bir disk oluşturur. Diskte oluşan fiziksel süreçler çeşitli patlamalar oluşturur, büyük genlikli veya küçük genlikli patlamalar. Bu tür sistemler 1960 'dan bu yana " Katakizmik Değişenler " olarak adlandırılır. Böyle tür sistemler için çiftin yörünge periyotları genellikle 80 dakika ile birkaç saat arasında olmaktadır.

Genel olarak ise, Katakizmik Değişenlerin her birinin farklı bir karakteristik patlama morfolojisi vardır. Bunlar içerisinde bilinen en iyi türleri; Novalar, Cüce Novalar, Nova Benzeri Sistemler, Simbiyotik Yıldızlar ve Süpernovalardır. Ayrıca beyaz cücenin güçlü manyetik güce sahip türleri de vardır, ki bunlar Manyetik Katakizmik Değişenler olarak bilinir.

Katakizmik Değişenler, üzerlerinde çeşitli araştırmalar yapılabilecek özelliklere sahiptir. Bunlar yumuşak ve güçlü X- ışın salması üzerine, disk yapısı, beyaz cücelerin yapısı, manyetik alan üzerinde olabildiği gibi daha birçok özellik için de olabilir. Çünkü gözlem tekniklerin gelişmesi ve Yer atmosferi dışındaki uydu gözlemleri araştırma alanlarını artırmaktadır. Ayrıca tahmin edilemeyen patlamaları saptamada yardımcı olan amatör Astronomları unutmamak gerekir.

## BÖLÜM – 1

### 1:GİRİŞ

Yıldızların yapısını belirlemek o kadar kolay bir işlem değildir. Onlar Yer'den çok uzakta olmaları nedeniyle biz onları Güneş gibi kolay inceleyemiyoruz, ama yine de yıldızların fiziksel boyutlarını, iç yapılarını ve evrimlerini belirleyebiliriz. Yıldızlar için en önemli bilgi kaynağımız, onlardan almış olduğumuz ışıktır. Yıldızların ışınımı ise, bize birçok yıldız türünü tanımlamaya ve yıldızlar hakkında en dolaylı bilgiyi bulabilme imkanı verirler. Bunlardan biri de parlaklığı zamanla değişen ve “ Değişen Yıldızlar “ olarak adlandırılan yıldızlardır.

Değişen Yıldızlar da bazı parametrelere göre sınıflandırılırlar. Sınıflandırma ışık eğrisine veya değişim nedenine göre sınıflandırılır ve teorik astrofizikçiler bu sınıfların özelliklerini açıklamaya çalışmaktadırlar. Değişen Yıldızlar iki ana sınıfa ayrılır, bunlar Geometrik Değişenler ve İçten Değişenlerdir. Bu iki sınıf ise kendi içerisinde daha alt gruplara ayrılırlar.

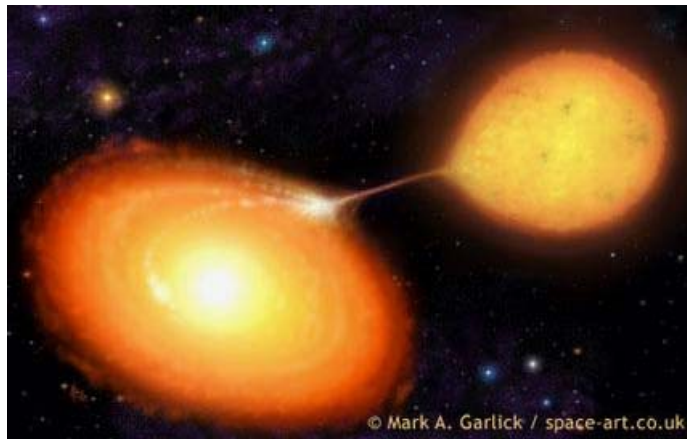
1960'lı yıllarda İçten Değişen yıldızların bir alt grubu olan Patlayan Değişen yıldızlar kategorisine yeni bir sınıf daha eklendi. Bu, ilk cüce nova U Geminorumun 1855'te keşfedilmesiyle ortaya çıkan ve “ Kataklizmik Değişen Yıldızlar “ olarak adlandırılan bir sınıftır.

#### 1.1 – Kataklizmik Değişen Nedir ?

1960'ta Gaposchkins, U Geminorum'un sürekli patlama davranışını incelediğinde bunun farklı bir değişen yıldız olduğunu keşfetti. O tarihten bu yana U Geminorum gibi yakın çift sistemlerde, dev yoldaş yıldızdan madde akımları ile kütle kazanan beyaz cüceli sistemler “ Kataklizmik Değişenler “ olarak bilinir. İlk cüce nova olan U Geminorum'un 1855'te keşfedilmesine rağmen, kütle transferi sonucu beyaz cücenin etrafına toplanan maddenin bir disk oluşturması konusunda bir yüzyıl kadar hiç çalışılmamıştır. Kraft, 1990'da, 1950 – 1965 yılları arasında gökbilim gözlemleri ve teorik fizikçilerin ortaya çıkardığı verilerden yararlanarak bu tür yıldızlar için modern bir taslak oluşturdu.

Kataklizmik Değişen Yıldızlar ( CV : Cataclysmic Variable ), kütle kazanan bir dejenere yıldız ( beyaz cüce ) ve ona kütle veren büyük bir yoldaştan oluşan yarı ayrık çift sistemlerdir. Dev yıldızın Roche lobundan yüksek açısal momentumlu madde dejenere yıldızın çevresinde bir disk oluşturur.<sup>(\*)</sup> Kataklizmik Değişen yıldızın ilişkili bir modeli Şekil:1-1-1'de görebilirsiniz. Yoldaş yıldız her zaman değil ama çoğunlukla anakol yakınında veya üzerinde olan geç tip bir yıldız olabilir. Ayrıca yoldaşın dev bir yıldız veya beyaz cüce olduğu durumları da vardır. Çiftin tamamı bizim Güneş Sistemi büyüklüğünde bir sistem içine sığabilir.

Kataklizmik Değişenlerin başlıca alt sınıfları ise; Cüce Novalar, Klasik Novalar ve Nova Benzeri Cisimler olarak bilinen sınıflardır. Bu sınıfların içinde en iyi bilinenleri Cüce Novalar ve Klasik Novalardır.



<sup>(\*)</sup> İkili bir sistemin Roche Lobunun her iki parçası, her yıldızın uyguladığı çekim etkisinin paylaşım bölgesini gösterir.

### Şekil:1-1-1. Kataklizmik Değişen Yıldızlar için örnek bir model.

Bu tür sistemlerde, dev yıldızdan transfer edilen kütle beyaz cüceyi çevrileyen diskin dış kenarlarındaki madde ile çarpışarak bu noktalarda parlak lekeler meydana getirir ve bu lekeler ışık eğrisinde yörüngenin belli evrelerinde parlaklık artışı olarak gözlenir. Bu parlak lekeler Şekil:1-1-1'de görülmektedir. Genelde lekeler göreceli olarak durgun dış diske göre daha sıcaktırlar ( 1500 – 4000 °K). Parlak lekeler yüksek kütle akımı durumlarında pek fazla belirgin değildirler.

Genel olarak Kataklizmik Değişenlerin her birinin farklı bir karakteristik patlama morfolojisi vardır. Şunu belirtebiliriz ki; Kataklizmik Değişenlerin birçoğunda, beyaz cüce termonükleer bir süreç meydana getirecek kadar kütle biriktirdiğinde patlama meydana gelir. Onun için her türün kendine özgü bir davranışı vardır ve bunlar tek tek incelenmelidir.

## 1.2 – Kataklizmik Değişenler Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Kataklizmik Değişenler üzerinde yapılan araştırmalar, onların davranış, yapı ve transfer edilen kütlelerin evrimi ile ilgili türlü araştırmaların bir bütünüdür. Bunlardan bazıları maddeler halinde şöyle özetlenebilir :

1) Madde yığılmasının ışık eğrileri üzerindeki doğasının incelenmesi, küçük kütleli nötron yıldızları ve X – ışın çiftlerinde olduğu gibi kısa süreli patlamalar hakkında birçok ipucu verirler.

2) Kütle transferi ile yığılma diskin fiziğini çalışmak için Kataklizmik Değişenler en pratik cisimlerdir. Çünkü diskler, yeryüzünden daha az ulaşılabilir nötron yıldızı çiftlerine zıt olarak daha kolay incelenebilir. Ayrıca diskin spektrumundan, kütle akım hızının bir fonksiyonu olarak disklerin evrimi üzerinde modellere ulaşılabilir. Diskler, kendisinden gezegenlerin türediği erken Güneş nebulasının oluşumunda da önemli bir rol oynamaktadır.



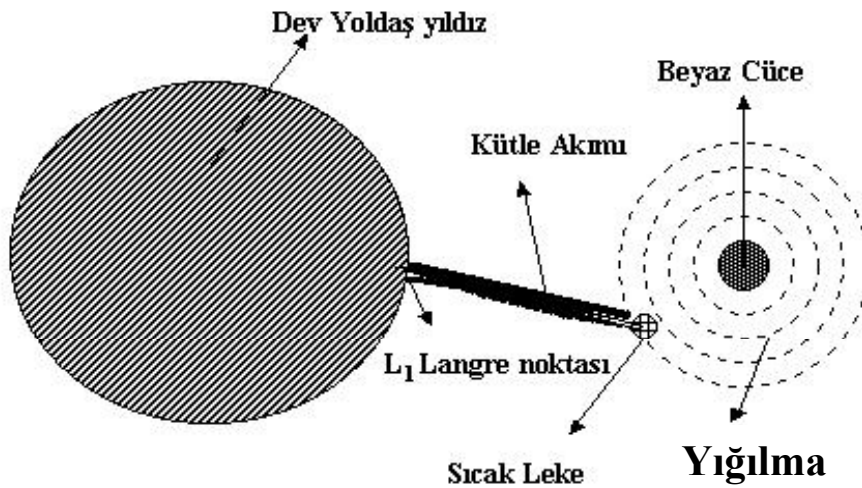
- 3) Katakliizmik Değişenlerin çeşitli patlama türleri vardır. Bu çeşitli patlamalar, dev kırmızı yıldızlardan transfer edilen kütle kararsızlıkları ve diskte var olan kararsızlıklardan kaynaklanır. Bu patlamalar ise bize yeni araştırma olanakları verir.
- 4) Katakliizmik Değişenlerde oluşan patlamalar ya da yüksek hızlı rüzgarlar biçimindeki radyal dış akışlar, çizgisel ivmeli rüzgar teorilerini araştırılmasında bir laboratuvar görevi yapar.
- 5) Katakliizmik Değişenler, beyaz cüce yapısını belirlemede de iyi bir kaynak durumundadır.
- 6) Katakliizmik Değişenler, düşük ışıma güçlü X-ışın kaynaklarının tespitleri için bir canlılık kazandırmaktadırlar.
- 7) Katakliizmik Değişenlerin, patlamaları ve manyetik alanlarından dolayı bunlar bize birçok ipuçları sağlamıştır. Manyetik alan varlığının gelişme süreci üzerindeki etkisini gözden geçirmek için iyi bir araç durumundadır.
- 8) Nova patlamalarından önce beyaz cücelerin evrimsel geçmişleri hakkında da birçok bilgiyi bize kazandırır. Bunun yanında Katakliizmik Değişenler nova patlamaları için bir çalışma zemini olarak bilinmektedirler.

Gözlemsel ya da teorik yollarla elde edilmiş olan bu bilgiler daha da sıralanabilir. Bu maddeler ise bir kaynak altında toparlandığında büyük ciltlerden oluşan bir kitap olurdu. Robinson ( 1976 ) ve Warner ( 1976 ) 'ın yüksek enerji araştırmaları Katakliizmik Değişenler için o denli bilgi ortaya koydu ki, 1980 'lerde manyetik Katakliizmik Değişenlerin keşfi ve çeşitli disk kararsızlığı modelleri gelişmesine neden oldu. İnceleme alanların çok gelişmesinden dolayı, araştırmalar doğal olarak Katakliizmik Değişenlerin daha özel davranışları üzerinde yoğunlaştı.

### **1.3 – Katakliizmik Değişenlerin Modeli**

Kataklizmik değişen yıldızlar, bir dejenere yıldız ve ona kütle veren bir yoldaş yıldızdan oluşan çift yıldız sistemleri olarak bilinir. Yoldaş yıldız, evrimi sırasında kendi Roche lobunun hacmini aşabilir: böylece madde sarmallar yaparak beyaz cüce yıldızın üstüne akar; ayrıca bu tür sistemler yarı ayrık çift yıldızlardır. Yoldaş yıldız genelde anakol üzerinde yer alabildiği gibi bu anakol yakınlarında yer alan geçtip bir yıldız da olabilir. Bu yoldaş yıldızın dev ya da dejenere küçük bir yıldız ( beyaz cüce ) olduğu durumları da vardır. Kataklizmik sistemler için çiftin yörünge periyotları genellikle 80 dakika ile birkaç saat arasındadır.

Çift sistemin, iki bileşeni arasındaki mesafe yeterince küçük olursa ( büyük yoldaşın çapından küçük olursa ) gravitasyonel çekim kuvvetinin ürettiği çok büyük gel-git kuvveti oluşur. Ayrıca iki yıldızın yüksek yörüngesel hızlarından dolayı önemli merkezkaç kuvvetlerine sahiptirler. İki yıldızın birbirine yaklaşımı ise sınırlıdır, yani iki yıldız arasındaki mesafe limitlidir. Bu limitin aşılması durumunda, normal koşullar altında büyük bileşenin  $L_1$  Lagrange noktası civarında beyaz cüceye kütle akımı başlar. Transfer edilen kütle yüksek açısal momentumlu olup, yoğun yıldız çevreleyen disk civarında toplanır. Diskin kütle toplamasından dolayı buna yığılma diski denir. Aşağıdaki şekilde Kataklizmik Değişenlere ait genel bir yapı modelini görebilirsiniz. Transfer edilen kütle, yığılma diskinin en dış tabakalarına akar ve parlak sıcak lekenin oluşmasına neden olur.



Şekil:1-3-1: Basit bir Kataklizmik Değişen modeli.

Dev yoldaş yıldızdan transfer edilen kütle oranına bağlı olarak, sıcak lekenin parlaklığı belirli zaman aralıklarında yavaşça azalabilir yada sabit kalır. Yoldaş yıldızdan transfer edilen kütle oranı genelde sabittir, fakat bu transfer edilen maddenin disk boyunca dağılımı homojen değildir. Kütle transferi çok yüksek ya da çok düşük olur ise, disk sadece o zaman kararlı bir denge durumunda olabilir; orta değerlerde ise disk her iki denge durumu arasında hızlı değişimler yapmaya zorlanır.

Kataklizmik Değişenlerde kuvvetli ve zayıf X-ışını salma durumlarına göre iki kütle akım geometrisi üretilmiştir. Birinci halde X-ışını, disk ile dejenere yıldız arasında salınır. Hızlı yörüngesel dönme hareketleri nedeniyle transfer edilen kütle disk tabakalarında aşırı dağılmaya zorlanır ve sonuç olarak bu tabakalar arasında X – ışını üretimi olur. İkinci halde, maddenin dejenere yıldız üzerine hızlı akması maddeye bir kinetik enerji kazandırır. Bu kinetik enerjinin disk tabakalarının yüzeyinde serbest kalmasıyla güçlü şoklar oluşur ve X – ışını salınır . Her iki tip modelde kuvvetli ve zayıf X –ışını verme durumu tamamen madde akımının çeşitliliğine ve miktarına göre değişecektir.

#### 1.4- Disk Yapısının Özellikleri

Kataklizmik Değişenlerde beyaz cüceyi çevreleyen disk oluşumuna dair elimizdeki deneysel kanıtlar en önemli verilerden biridir. Kararlı durum disk teorisi, dev yıldızdan kütle transferi ile beyaz cüceyi çevreleyen disk oluşum varsayımına dayanır. Bu oluşan diskler  $\alpha$  diye adlandırılır. Çünkü momentum transfer verimliliği  $\alpha$  parametresi tarafından tayin edilir. Bu da şöyle bulunur :

$$\alpha = \frac{V}{C_s \cdot H} \text{ ile tayin edilir. Burada yer alan } V: \text{ Etkin viskozite}$$

$C_s$ : Disklerdeki ses hızı

$H$ : Diskin yarı genişliği olarak bilinirler.

Disk sıcaklığı  $\alpha$  'ya bağılı değildir ama zaman ölçekli kütle transfer olgusu  $\alpha$  'ya bağılıdır. Efektif disk sıcaklığı ise şöyle bulunabilir :

$T(R) = T_* \cdot (R / R_{WD})^{-3/4} \cdot [1 - (R_{WD} / R)^{1/2}]^{1/4}$  ile tayin edilir, burada yer alan  $T_*$  : Diskin maksimum sıcaklığıdır,  $R_{WD}$  : Beyaz cücenin yarı çapı ve  $T(R)$  : Diskin R yarıçap değerindeki sıcaklığı olarak tanımlıdır.

Beyaz cüceyi çevreleyen diske kütle eklenmesi yoluyla açığa çıkan toplam aydınlanma ise :

$L = \frac{G \cdot M_{WD} \cdot m}{R_{WD}}$  ile bulunur. Buradaki  $M_{WD}$  : Beyaz cücenin kütlesi ve  $R_{WD}$  : ise yarıçapıdır, m: transfer edilen kütle ve G: genel çekim sabitidir.

Kataklizmik Değişenler çift yıldız sistemleri olduklarından, bunlar yörüngenin belli evreleri ve konumları için birbirlerini örtebilir, yani bir tutulma oluşturabilirler. Kataklizmik Değişenlerin birçok tutulmalarından diskin iki boyutlu görüntüsünü elde etmek mümkün olmuştur. Ayrıca yığılma diskinin yüzey parlaklık özelliklerinin çıkarılmasını sağlamıştır. Disk kararsızlık modeline göre, patlama en dış diskte başlar ve ilk olarak en dış diskte bir parlama oluşur. Patlamanın başlangıcında disk daha küçük yarıçaplara düşer. Kütle transfer yoğunluğu ( madde akım oranı ) artıkça disk yeni bir denge yarıçapına doğru genişlemeye başlamaktadır.

## 1.5 – Kataklizmik Değişenlerin Kütleleri

Yıldızların kütlelerini doğrudan tayin etmek için en iyi yol çift yıldızların dinamiğini çalışmaktır. Kataklizmik Değişenler çift yıldız sistemler olduklarından onların kütleleri iyi bir tahminle bulunabilir. Kataklizmik Değişen sistemlerinde beyaz cüceler için kütle ölçümü, beyaz cücenin radyal hızının yarım genliği olan  $K_1$ 'in tam doğru elde edilmesine bağılıdır. Ortalama olarak beyaz cüceler için kütle tahminleri

$0.74 \pm 0.04 M_{\odot}$ ; 84 Katakizmik Değişen gözleminde 22'sinin  $1 M_{\odot}$  den daha ağır beyaz cüce bileşene sahip olduğu görülmüştür. Karşıt olarak tek beyaz cücelerin ortalama kütleleri  $0.56 \pm 0.1 M_{\odot}$  'tir. Kuşkusuz bu kütle tahminlerinde oluşan hataları da unutmamak gerekir. Tutulmalar, kütle değerini bulmada potansiyel olarak çok iyi bir yöntemdir. Tutulma yapan birkaç Katakizmik Değişende, tutulma verilerinden bulunan kütlelerin  $3\sigma$  'lık bir hata içerdiği saptanmıştır. Gözlem tekniklerinin geliştirilmesi bu hatayı  $2\sigma$  kadar indirmiştir.

Disk ve onun merkez bölgelerinin yoldaş yıldızca tutulması, kütle oranı, çift sistemin yörünge eğim açısı, disk ve parlak lekelerin büyüklüğü gibi sistemin temel parametrelerinin ölçülmesine de olanak tanımıştır. Bunun için gözlemsel tekniklerden yararlanılır. Örneğin çift bir sistem için iki yıldızın yörünge hızları  $V_1$  ve  $V_2$  olsun. Bu hızlar Doppler etkisi ile bulunurlar. Her bir yıldız yörüngesini aynı zamanda dolandığına göre her bir yıldızın hızı yörüngesinin yarıçapı ile orantılı olur.



$$\frac{V_1 \cdot \sin i}{V_2 \cdot \sin i} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{M_2}{M_1} \dots (1) \text{ olup burada } i: \text{ bakış doğrultusuna dik düzlem ile}$$

yörünge düzlemi arasındaki açıdır ve tutulma durumlarında  $i \approx 90^\circ$  yakındırlar.

Sistemde bir tutulma durumunda

$$(M_1 + M_2) \approx 4\pi^2 (r_1 + r_2)^3 \sin^3 i / GP^2 \dots (2) \text{ yazılabilir ve iki yıldızın kütleleri (1) ve (2) denklemlerinden bulunabilir.}$$

## BÖLÜM – II

### 2 – KATAKLİZMİK DEĞİŞENLERİN SINIFLANDIRILMASI

Antik çağ'dan bu yana yıldızlar, mitolojik kişiler veya hayvanlarla özdeşleştirilen biçimde sınıflandırılmışlardır. Aslında genel anlamıyla sınıflama bir kümeyi herhangi bir parametreye göre gruplandırmaktır. Yıldızlara ilişkin sınıflama, onların parlaklık, tayf türü, kimyasal bileşim, sıcaklık, dönem ve ışık eğrileri gibi parametrelerin incelenmesiyle yapılan bir çalışmadır. Birçok yıldız için yapılan sınıflama çalışmaları olduğu gibi, değişen yıldızlar için de bir sınıflama çalışması vardır. Bu sınıflama değişimin nedenine göre yapılan bir çalışmadır ve bu çalışma değişen yıldızların iki büyük gruba ayrıldığını göstermiştir. Bunlar ;

#### 1- İçten Değişenler

#### 2- Geometrik Değişenler

Değişen yıldızlar, parlaklığında düzenli yada düzensiz bir değişim gösterirler. Geometrik Değişenlerde değişim, örtme ve örtülme olaylarından dolayı olmaktadır. İçten değişenlerdeki değişimin nedeni sıcaklık, yoğunluk ve basınçtaki bir değişimin olmasıdır. İçten Değişenler ise kendi içinde iki alt sınıfa ayrılırlar :

#### a) Pulsasyon Yapan Değişen yıldızlar

#### b) Patlayan Değişen yıldızlar

Pulsasyon yapanlar, parlaklıklarında oldukça düzenli bir değişim gösterirler. Karşıt olarak ise Patlayan Değişenler çok az düzenli değişim gösterirler ; parlaklık ani bir şekilde artar (novalar gibi) veya azalır (R Coronae Borealis tipleri gibi).

1960 'lı yıllarında Patlayan Değişen yıldızlara yeni bir alt sınıf daha eklendi. Bu sınıf “ **Kataklizmik Değişen Yıldızlar** “ olarak adlandırıldı. Bunların ışık eğrileri, dönem, renk (sıcaklık), patlama davranışları ve diğer bazı parametre öğeleri incelendiğinde çeşitli alt sınıfları keşfedildi.

## 2.1 – Katakliizmik Değişenleri Sınıflandırma

Katakliizmik Değişenler, başta da değinildiği gibi onlar patlama yapan türden değişen yıldızlardır. 1960'den bu yana Katakliizmik Değişenler patlayan çift yıldız sistemleri olarak kabul edilmektedir. Katakliizmik kelimesi Yunan alfabesinden “ kataklysmos “ ‘dan esinlenmiştir. Bu kelime; sel taşkını, tufan, felaket anlamına gelir. Gerçekten ani patlamaların, yıldızdan bir enerji taşması veya felaket olarak yorumlanması bu adı almasını sağlamıştır. Katakliizmik Değişenlerin çeşitli alt sınıfları vardır. Yine bu sınıflandırma çeşitli parametrelerin (periyot, genlik, renk, tayf türü v.b.) incelenmesi ile yapılan bir çalışmadır. Maalesef Katakliizmik Değişenleri sınıflandırma çalışmasında, hala Astronomi literatüründe düzenli bir tanımlama yapılamamış ve özel olaylar nedeniyle kargaşalara neden olmaktadır. Çeşitli karmaşık patlayan tür biçimleri ve yıldızların yoldaş türlerini içeren bilgi Tablo:2-1 ‘de gösterilmiştir. Bu tabloda Katakliizmik Değişenler ikinci sırada yer almaktadır.

Bu tabloda belirtilen birinci yoldaşlar en yoğun nesnelere olarak tanımlanmıştır. Klasik olarak etkileşen örten çiftler bu listeye dahil edilmemiştir.

Birinci Yoldaş Yıldız		İkinci Yoldaş Yıldız			
		Anakol	Dev	Beyaz Cüce	Nötron Yıldız
Anakol		Klasik Örten Çiftleri		-	-
Beyaz Cüce	Güçlü Manyetik Alanlı	Kutuplanmış Novalar (AM Her)	Simbiotik Yıldızlar (Z And, Çok Yavaş Novalar, Tekrarlayan Novalar)	AM CVn Yıldızları	-
	Zayıf Manyetik Alanlı	Cüce Novalar (U Gem)			
Nötron Yıldız	Güçlü Manyetik Alanlı	Küçük Kütleli X-Işın Pulsarları (HZ Her)	Büyük X-Işın Pulsarları , Simbiotik X-Işın Yıldızları	KZ TrA ve 4U 1915-05 ?	Çift Pulsarlar (PSR 1913+16)
	Zayıf Manyetik Alanlı	X-Işın Patlamaları			
Büyük Sıkışık Nesnelere ( $\geq 3M_{\odot}$ )		?	V 1357 Cyg (=Cyg X-1)	?	?

Tablo:2-1: Patlayan Tür Biçimleri.

## 2.2-Kataklizmik Değişen Yıldızlar

Kataklizmik Değişenler patlama özelliklerine göre çeşitli alt sınıfları vardır. Daha ayrıntılı patlama davranışlarından bu alt sınıflar tekrar çeşitli alt sınıflara bölünmektedir. Kataklizmik Değişenler ve onların alt sınıfları ise ; cüce novalar, hızlı ve yavaş novalar, tekrarlayan novalar ve nova benzeri cisimler olarak bilinir. Bu alt sınıfları arasında başlıca ayırt edici özellik madde akım geometrisidir. Ayrıca bazı Kataklizmik Değişenlerde beyaz cücenin güçlü bir manyetik alanı vardır ( AM Her yıldızları ). Beyaz cücenin manyetik alanı orta değerlerde olanlara ise orta kutuplu ya da DQ Her yıldızları adı verilir. Astronomlar diğer orta manyetik alan gücünü hala tartışmaktadırlar. Tam olarak bunlarda bir diskin oluşup oluşmadığı konusunda bir tartışma vardır.

Bunun yanında uzun süredir bilinen en iyi etüt edilmiş Kataklizmik Değişenler cüce novalar ve klasik novalardır. Bu sistemlerde, beyaz cücenin manyetik alanı bir dış diskin oluşumunu biçimlendirecek kadar yeterince kuvvetli değildir. Ayrıca bir cüce nova patlamasında  $10^{38} - 10^{39}$  erg 'lik bir enerji salınır ve birkaç gün süren patlamalar yapar. Klasik novalarda ise salınan bu enerji  $10^{44}$  erg 'i aşar ve yenileme zamanı çok uzundur. Klasik novalar patlama zamanının hızlı ya da yavaş karakteristiğine bağlı olarak alt sınıflara ayrılır (hızlı nova, yavaş nova). Cüce nova alt tipleri ise, U Gem, SU Uma ve Z Cam değişenleridir.

Diğer bir tip Kataklizmik Değişen, birkaç onyılda veya bunun ara zamanlarında ortaya çıkan patlamaları olan bir tiptir. Bu tip cüce nova ile klasik nova arasında bir görünüm sergileyen “ tekrarlayan novalardır “. Bunların dev bir yoldaş yıldızı vardır ve



uzun periyotlu çift sistemlerdir. Tekrarlayan novalar “ Simbiyotik Yıldızlar “ ile sıkı bir ilişki içerisinde olduklarından bunlar bu tip yıldızların bir alt sınıfı olarak da bilinir. Tekrarlayan novalarda patlama genliği klasik novalara göre daha düşüktür. Çeşitli Kataklizmik Değişenlerin periyotları ile ilgili özellikleri bölüm 2.4 ‘te yer alan tablo:2-4-1 ve tablo:2-4-2 verilmiştir.

Nova benzeri cisimler, klasik ve cüce novalara spektral ve fotometrik benzerliklerinden dolayı bu adı almış bir alt gruptur. Manyetik değişenler ise (AM Her yıldızları) başlangıçta nova benzeri olarak sınıflandırıldı. Birçok nova benzeri cismin patlaması cüce novalar gibi bir görünüm sergiler.

Kataklizmik Değişenler ile ilgili çeşitli tipleri kısaca özetledikten sonra bunlara ilişkin geniş bir özeti bölüm: 3’te bulabilirsiniz. Aşağıdaki tabloda ise Kataklizmik Değişenler için yapılan sınıflamalar ve alt sınıflar verilmiştir.

<b>SINIF</b>	<b>ALTSINIF</b>			
Nova (N)	Hızlı nova	Yavaş Nova	Çok Yavaş Nova	Yenilenen Nova
Nova Benzeri (N <sub>i</sub> )	AM CV <sub>n</sub>	AM Her	DQ Her	UX Uma
Cüce Nova	SS Cygni (U Gem)	Z Cam	SU Uma	-
Sembiyotik	CI Cyg	RR Pav	AG Peg	RR Tel

Tablo:2-2: Kataklizmik Değişenlerin Sınıfları ve Alt Sınıfları.

Bu tabloda yer alan sınıfların birinci yoldaşları hep beyaz cüce iken ikinci yoldaşlar değişebilmektedir. Örneğin AM Her sistemleri için ikinci yoldaş anakol üzerinde yer alan bir yıldız veya alt dev yıldız olabilir, ama tekrarlayan novalarda ikinci yoldaş dev yıldız olabilir.

### **2.3-Manyetik Kataklizmik Değişenler ve Özellikleri**

Yukarıda yaptığımız sınıflamada dejenere yıldızın manyetik gücünden bahsetmiştik. Katakлизмik Değişenlerin sınıflaması yapılırken, beyaz cücenin manyetik gücüne bağlı olarak Katakлизмik yıldızlar iki temel gruba ayırabiliriz. Bunlardan birinci grup, beyaz cücenin manyetik alanı çok güçlüdür ve bunlar genelde AM Her yıldızları olarak bilinirler. İkinci grup, beyaz cücenin manyetik gücü orta seviyededir ve bunlar da DQ Her yıldızları olarak bilinirler.

Birinci gruptaki AM Her sistemleri için beyaz cücenin eksenini etrafındaki dönme dönemi ile çiftin yörünge dönemi arasında  $P_{\text{spin}} = P_{\text{yörünge}}$  ilişkisi vardır. Ayrıca bütün AM Her sistemlerinde kuvvetli kutuplaşan cyclotron ışınımı salarlar. Diğer grupta ise beyaz cücenin eksenini etrafındaki dönme dönemi daha hızlı ( $P_{\text{spin}} < P_{\text{yörünge}}$ ), genellikle  $P_{\text{spin}} / P_{\text{yörünge}} \sim 0.1$  'dir. Günümüzde, özellikle AM Her sistemlerinin için birçok özellikleri belirlenmiştir. Bunların bazıları; örneğin kütle akım süreçleri, periyot dağılımları ve çiftin kütle değişimleri iyi anlaşılmıştır. İkinci gruptaki manyetik Katakлизмik Değişenler ile ilgili doğal bağıntı hala anlaşılmış değildir. Özellikle beyaz cüceyi çevreleyen bir diskin olup olmadığı konusunda bir tartışma vardır. Aslında her iki grup için de bir tartışma konusu hep vardır. Bu tartışma iki durum ile ilgilidir:

i) Bütün AM Her sistemleri kuvvetli kutuplaşan cyclotron ışınımı salması olarak gözlenir. (\*) Orta manyetikli sistemlerde veya orta kutuplu ( Intermediate Polars : IP ) olanlarda bunların hiçbiri olmaz.

ii) AM Her sistemleri için  $P_{\text{yörünge}} \leq 3$  saat, IP 'lerde ise  $P_{\text{yörünge}} > 3$  saat olacak şekilde yörünge periyotlara sahiptirler. Ayrıca bunlara ilişkin veriler Şekil:2-3 'te görebilirsiniz.

( i ) ile ilgili en basit yorum, AM Her sistemlerinin manyetik alanlarının orta manyetikli sistemlere göre ( IP ) daha kuvvetli olmasıdır. ( ii ) ile ilgili en basit yorum ise orta güçlü manyetik alanlı (IP) sistemleri, AM Her sistemlerine doğru bir

---

(\*) Cyclotron ışınımı : Hızı ışık hızına göre küçük ve manyetik alan içinde hareket eden parçacıkların oluşturduğu ışınım.

gelişim göstermesi üzerinedir. Genellikle bunlar ile ilgili yorumlar, manyetik alan gücünün farklılığından kaynaklanır ve sonuçta ilk tartışma burada önerilmektedir.

Aşağıda Manyetik Katakizmik Değişenler için manyetik moment ( $\mu$ ), şu şekilde özetlenmiştir:

$$i) \quad 10^{34} \text{ Gcm}^3 \leq \mu \leq 5 \cdot 10^{34} \text{ Gcm}^3$$

Buradaki üst limit, büyük olasılıkla frenleyici (veya zıt yönlü ) bir manyetik alan belirler. Bu frenleyici manyetik alan , beyaz cücenin manyetik alanı ile eşzamanlı oluşmuş ise AM Her gibi sistemlerin periyotlarında küçük bir boşluk oluşur.

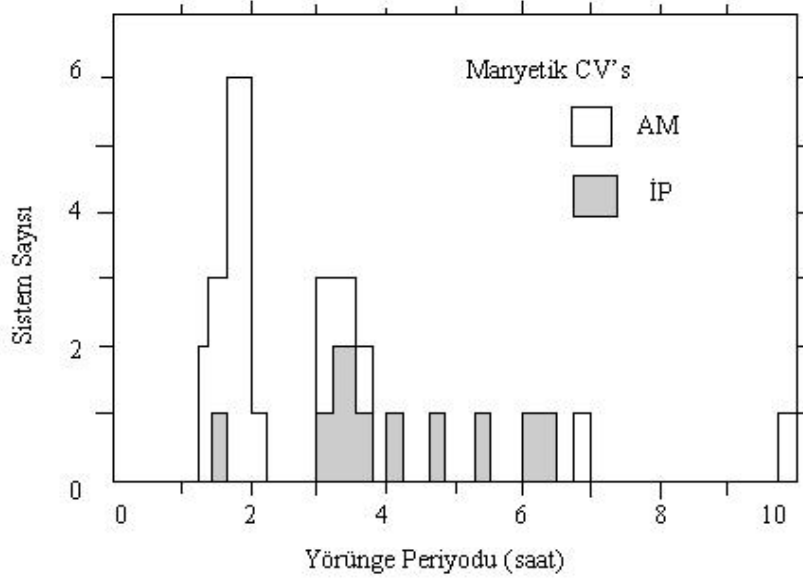
$$ii) \quad 10^{33} \text{ Gcm}^3 \leq \mu \leq 10^{34} \text{ Gcm}^3$$

Orta düzeyli manyetik yıldızlar ( IP ) çoğunlukla burada yer alırlar. Ayrıca bunlarda  $P_{\text{spin}} / P_{\text{yörünge}} \sim 0.1$  ilişkisi vardır. Yörünge periyotları,  $P_{\text{yörünge}} \leq 5$  saat için yığılma disklerine sahip değildir. Yine  $\mu \geq 4 \cdot 10^{33} \text{ Gcm}^3$  için eşzamanlı bir manyetik frenleme durumu söz konusu olabilir, yani periyotlarında boşluk oluşabilir. Böylece IP sistemleri, AM Her gibi X-ışın özelliklerine sahip olurlar.

$$iii) \quad 10^{31} \text{ Gcm}^3 \leq \mu \leq 10^{33} \text{ Gcm}^3$$

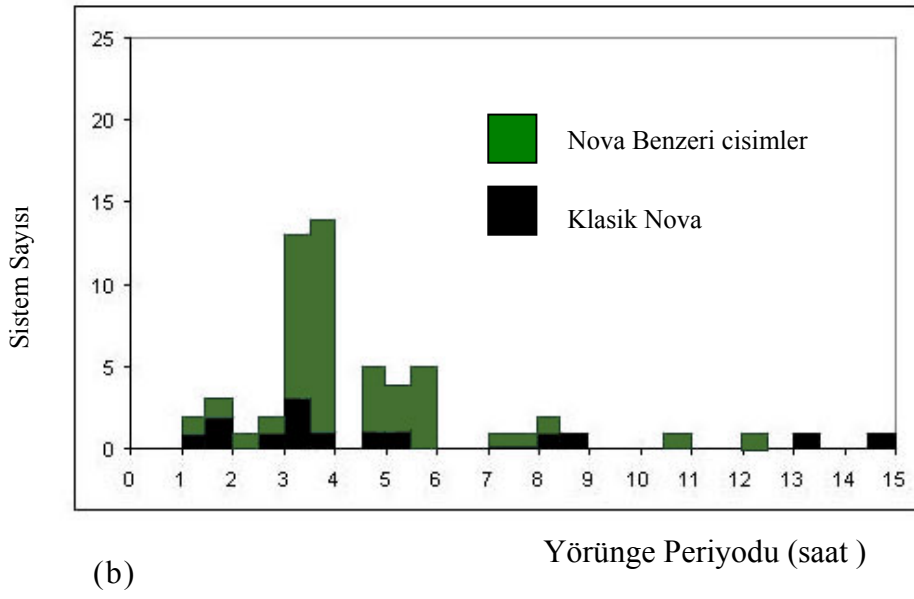
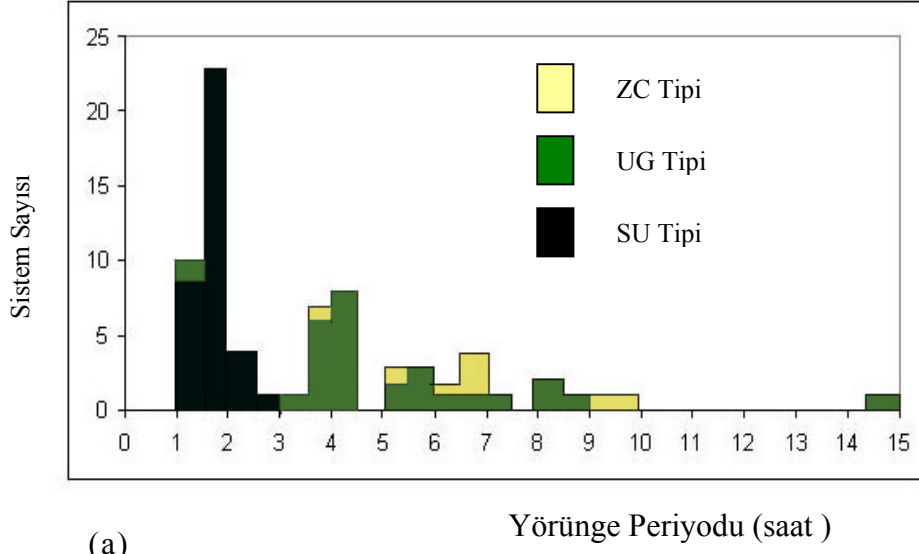
Bu sistemlerde daima yığılma diskleri vardır ve asla eşzamanlı bir manyetik frenleme göstermezler. Bunlara örnek olarak DQ Her ve AE Aqr yıldızları tanımlanabilir. Yığılma diski çiftten ayrıktır ve bundan dolayı yörünge dönemi uzundur (  $P_{\text{orb}} \approx 2$  gün ).

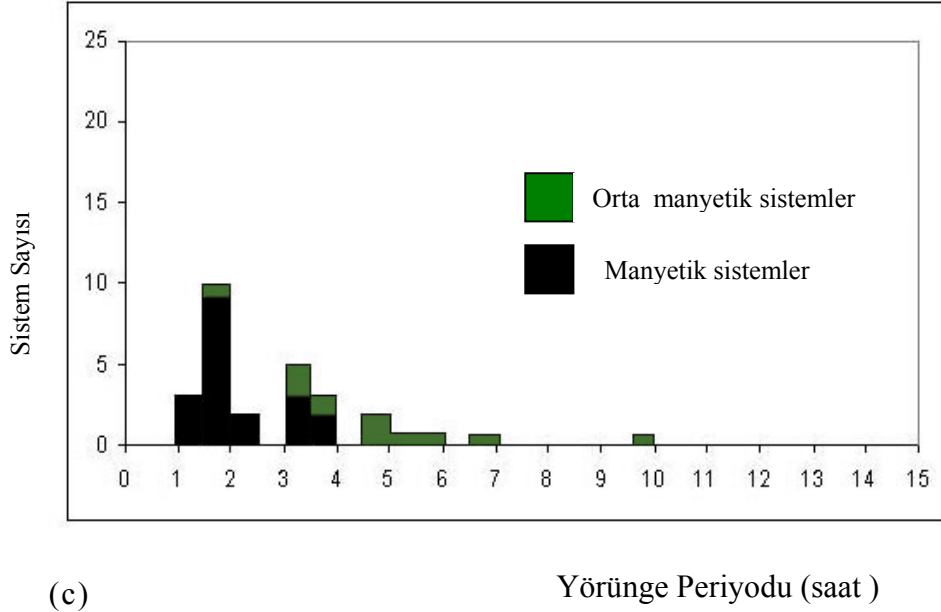
Aşağıdaki şekilde manyetik Katakizmik Değişenlerin, güçlü manyetik alanlı (AM Her sistemleri ) ve orta düzeyli manyetik alanlı ( IP ) sistemlere ilişkin periyot dağılımları görülmektedir.



Şekil:2-3: Manyetik Katakizmik Değişenlerin periyot dağılımları

Katakizmik Değişenlerin manyetik alan güçleri 10 – 60 MG arasındadır. Manyetik Katakizmik Değişenler ile ilgili detaylı bilgiler X-ışın gözlemleri ile belirlenebilmiştir. Özellikle ROSAT, EXOSAT, HEAO gibi uydulardan; Bunlar atmosfer dışı gözlemlerde kullanıldıkları için büyük gelişmeler sağladılar. Yine bu uydulardan çeşitli Katakizmik Değişenlerin alt sınıflarının periyot dağılımları belirlendi. Bu dağılıma ait özellikler aşağıdaki Şekil:2-4 'te verilmiştir.





(c)

Yörünge Periyodu (saat )

Şekil:2-4: a, b ve c tablolarında çeşitli Kataklizmik Değişenlerin periyot dağılımları verilmektedir.

## 2.4 – Kataklizmik Değişenlerin Diğer Bazı Özellikleri

Kataklizmik Değişenler ile ilgili buraya kadar, onları basit bir şekilde tanımlayan özelliklerini vermeye çalıştım. Gözlemsel tekniklerin gelişmesi, Kataklizmik Değişenlere ait daha birçok özelliğin ortaya çıkmasına neden oldu. Diğer bazı özellikler;

1) Kataklizmik Değişenlerin ve onların altsınıflarının uzay yoğunlukları için, Patterson (1984) ve Downes (1986) tarafından birkaç  $\times 10^{-7} \text{ pc}^{-3}$  olarak bir tahmin üretildi. Hertz (1990) , galaktik düzlemde X-ışın araştırmalarında bu tahminin 100 katı daha düşük bir değer buldu.

2) Uzun dönemli Manyetik Katakliizmik Değişenler, yüksek veya alçak kütle akım durumları sergiler. Bazı orta düzeyli manyetik sistemlerde ise düzensiz küçük genlikli patlamalar daha sık aralıklarla görünürler.

3) Işık eğrisinde, yörüngeyi belli evrelerinde görülen bir dizi parlak lekelerin yörünge evreleri Doppler değişimi ile bellidir.

4) Katakliizmik Değişenlerde, Nova benzeri sistemlerin 1/3 'ten fazlası beyaz cüceyi çevreleyen diske manyetik kütle yığılmasının daha önemli olduğunu ifade eden X-ışın atımları (puls'ları) gösterirler.

5) Katakliizmik Değişenlerde tutulma haritalaması ve Doppler tomografi, özellikle yığılma diskinin yüzey parlaklığı ve enerji dağılımının iki boyutlu görüntüsünü inşa etmede son birkaç yılda kullanılan önemli tekniklerden biridir.

6) Wade (1988), dokuz nova benzeri cismin UV ve UVB gözlem tekniklerinden yararlanarak kütle eklenme oranının yılda  $10^{-10} - 10^{-8} M_{\odot}$  olduğunu belirledi ve bunun bir karacisim disk modeli için  $10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$  civarında olduğunu gösterdi.

7) Pringle ve Savonije yığılma diskinde yer alan yüzey tabakalarındaki yüksek sıcaklıkların (sıcak lekeler), güçlü şoklar ile üretildiğini önermiştir.

Değişen yıldızların en önemli parametrelerinden biri de periyotlarıdır. Katakliizmik Değişenler yakın çift sistemler olduklarından, bunlar ortak bir kütle merkezi etrafında dolanırlar. Bu tür sistemler için çiftin yörünge periyotları genellikle 80 dak. ile birkaç saat arasındadır. Ayrıca Katakliizmik Değişenler sınıfı içinde en uzun periyotlu olan tekrarlayan novaların, periyotları birkaç on gün civarındadır. Aşağıdaki Tablo:2-4'de bazı Katakliizmik sistemleri için çiftin yörünge periyotları verilmiştir.

Yıldız	Sınıfı	P	Sp
T CrB	Nr	227 <sup>d</sup> ,6	gM3
GK Per	N	45 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	K2Ivp
Bv Cen	UG	14 38	-

AE Aqr	NI	9 53	K5V
Z Cam	UG	6 56	dK7
SS Cyg	UG	6 38	dK5
RW Sex	NI	5 56	-
HR Del	N	5 08	-
UX Uma	NI	4 43	dK8 – M6
DQ Her	N	4 39	M3V
U Gem	UG	4 15	M5V
WY Sge	N	3 41	-
TT Ari	NI	3 18	-
AM Her	Manyetik	3 06	M4.5V
AN Uma	Manyetik	1 55	-
WX Hyi	UG	1 48	-
RZ Sge	UG	1 38	-
1E 1114 +18	Manyetik	1 30	-
EF Eri	Manyetik	1 21	-
GP Com	AM CVn	0 46	DB(?)
AM CVn	AM CVn	0 18	DB(?)

---

Sınıf:	N= Nova	Manyetik= AM Her yıldızları
	Nr= Tekrarlayan Nova	NI= Nova Benzeri
	UG= U Geminorum yıldızları	P= Yörünge periyodu
	AM CVn= AM Canum Venaticorum Yıldızları	Sp= İkinci Yoldaşın spektrumu

Kataklizmik Değişen yıldızlar ile ilgili daha birçok özellik saymak mümkündür. Çünkü gözlem tekniklerinin gelişmesi, hızlı, lineer elektronik dedektörlerin günümüzde spektroskopik ölçümlerde yer alması, Yer atmosferi dışında yerleştirilen yapay uydulardan X-ışını, UV bandı, kızıl ötesi gözlem tekniklerinden yararlanılması, Kataklizmik Değişen gözlemlerinde her gün yeni bir takım özelliklerin keşfedilmesine olanak tanımaktadır. Birçok yeni özelliğin keşfedilmesi, Kataklizmik Değişenleri ayrıntılı bir inceleme konusu yapmaya zorlar. Bütün bu özellikler bir kaynak altında toparlanırsa, büyük ciltlerden oluşan bir kitap olurdu.



## *BÖLÜM – III*

### **3. KATAKLİZMİK DEĞİŞENLER VE ALT SINIFLARI**

Kataklizmik Değişenler çift yıldız sistemleri olup çeşitli patlama davranışları gösterirler. Onların patlama davranışlarına göre bir sınıflama yapılabilir. Bölüm II 'de değinildiği gibi Kataklizmik Değişenlerin çeşitli sınıfları ve alt sınıfları vardır. Genelde bu tür sistemlerde sınıflandırma ; patlama biçimleri, dönemleri ve manyetik gücü baz alınarak yapılmaktadır.

Bölüm II 'de Katakizmik Değişenlerin nasıl sınıflandırıldığını ve hangi tür biçimlerinin olduğunu görmüştük. Bu sınıflar; Novalar, Cüce Novalar, Nova Benzeri Nesnelere, Simbiyotik yıldızlar ve Süpernovalar olarak bilinen sistemlerdir. Bu bölümün konusu çeşitli sınıfları ve onların alt sınıflarını ele alıp bilinen bazı özelliklerini tanıtmaktır.

### 3.1 – Novalar

Novalar, Katakizmik Değişenler arasında önemli sınıflardan biridir. Novalar, cüce novalar ve nova benzeri değişenlerle birlikte genellikle kısa periyotlu çift yıldızlardır. Onlar beyaz cüceyi ( kimyasal elementleri Karbon ve Oksijen ya da Magnezyum ve Neon olan) ve soğuk bir yıldızı ( G ya da K tayf türü ) içeren sistemlerdir. Soğuk yıldız kritik hacmini (Roche Lobunu) aşar yani bir kırmızı dev evresine doğru gelişir. Devlin yüzeyi öyle büyür ki beyaz cüce tarafından daha çok çekilir ve ilk olarak kütle kaybeder. Bu kaybedilen kütle birinci yoldaşın etrafında bir yığılma diski oluşturur. Sonunda bu madde de birinci yoldaşın (beyaz cüce) yüzeyine yığılır ve patlama üretir. Nova patlamasının sebebi, termonükleer bir kaçış reaksiyonudur, ki bu beyaz cücenin yüzeyine yakın yığılma diskinin Hidrojence zengin katmanında oluşur. Yığılan bu madde nükleer reaksiyonları başlatacak kadar ısınır. Isının CNO çevrimi (Karbon Azot Oksijen) yardımıyla hızlı artışı, bozulmanın ve şok dalgaların oluşmasına neden olur. Bu kaçış reaksiyonu dış katmanda kritik bir basınçta Hidrojenin, Helyuma çevrilmesi ile başlar. Nükleer enerjinin ani olarak salınması, yığılan madde örtüsünü dışarı fırlatır, böylece atmosferin geniş ölçüde büyümesi ve ışığında sınırsız bir parlaklık artışı (  $M_V = -6^m$  ila  $-9^m$  'a kadar ) ortaya çıkar. Sonra yavaş ve küçük değişimlerle başlangıçtaki parlaklıklarına dönerler.

Novaların detaylı parlaklık ve tayf özellikleri karışıktır ve bu genellikle beyaz cücenin kimyasal yapısına bağlıdır. Her nova, kendine özgü fotometrik ve tayfsal değerlendirmeye sahiptir. Buna rağmen, novalar genel olarak pek çok alt grupta sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırma patlama zamanının hızlı veya yavaş karakteristiğine

bağlı olarak yapılır. Bu alt gruplar ise; Hızlı Novalar, Yavaş Novalar, Çok Yavaş Novalar ve Tekrarlayan Novalar olarak bilinirler.

### 3.1.1 – Hızlı Novalar ( NA )

Bu tür novalar, maksimum parlaklık derecesinden 100 ya da daha az gün içinde görsel ışığında  $3^m$  'lik bir azalma gösteren novalardır. Genellikle Hızlı Novalar oldukça düzgün ışık eğrilerine sahiptirler ve parlaklık derecesi daha yüksektir. Bunların 100 gün içinde parlaklıklarının azalması, novanın hızlı bir şekilde kabuğunu dışarı attığı şeklinde yorumlanır. Ayrıca CNO çevrimi ve beyaz cücenin kütlesi novaların hızını idare eden etkenlerden biridir.

### 3.1.2 – Yavaş Novalar ( NB )

Bu sistemler ise, maksimum parlaklıktan sonra 100 günden daha uzun bir süre içerisinde parlaklıklarında  $3^m$  'lik bir azalma gösterirler.

NA ve NB grubu novalar aynı zamanda “ klasik novalar” olarak bilinirler. Onların parlaklık derecesi (  $M_V$  ) ışık eğrisinin dağılımı ile birebir ilişkilidir: daha hızlı novalar maksimum ışıkta daha parlaktırlar. Hızlılık  $t_2$  ya da  $t_3$  zamanı ile ölçülür: Yani novaların maksimum parlaklık zamanından (  $t_1$  ) sonra  $t_2$  ya da  $t_3$  zamanına kadar geçen süre içerisinde parlaklığında  $2^m$  ya da  $3^m$  bir azalmadır.

1986 yılının sonuna kadar galaksimizde yaklaşık 215 nova keşfedildi. Arp, Rosino ve arkadaşları tarafından yapılan sistematik araştırmalar sonucunda M31 'de ( Andromeda galaksisi ) 142, Büyük Macellan Bulutsusunda 21, Küçük Macellan Bulutsusunda 6 tane nova keşfedildi.<sup>(\*)</sup>

---

(\*) M31 : Andromeda galaksisinin Messier kataloğundaki sıra numarası.

### 3.1.3 – Çok Yavaş Novalalar ( NC)

Bunlar da yıllar hatta on yıllarca maksimum ışığa yakın bir parlaklıkta kalan çok yavaş novalardır. Bu cisimler , dev yoldaş yıldızı içeren çift yıldız sistemleridir. Böyle tür sistemler Simbiyotik yıldızlar ya da Z And değişenleri olarak bilinen ve birbirini etkileyen çiftli yıldız sistemleridir.

Çeşitli Novaların ışık eğrileri sayfa 27-28 'de bulabilirsiniz. Gerçekten nova patlamalarında ışık eğrisinin zamanla olan ilişkisi açık bir şekilde görülmektedir.

### 3.1.4 – Tekrarlayan (Yinelenen) Novalar ( NR )

Novaların diğer bir sınıfı da tekrarlanan novalardır. Bu novalar, tarihi zamanlarda sadece bir patlama göstermesiyle bilinen klasik novaların tam tersidir. Düzensiz aralıklarla çok kere patlamalar gösterirler. Yinelenen novaların bazıları, klasik novaların bir alt sınıfına ve bazıları da büyük olasılıkla nova benzeri değişenlerin sınıfına dahil edilirler.

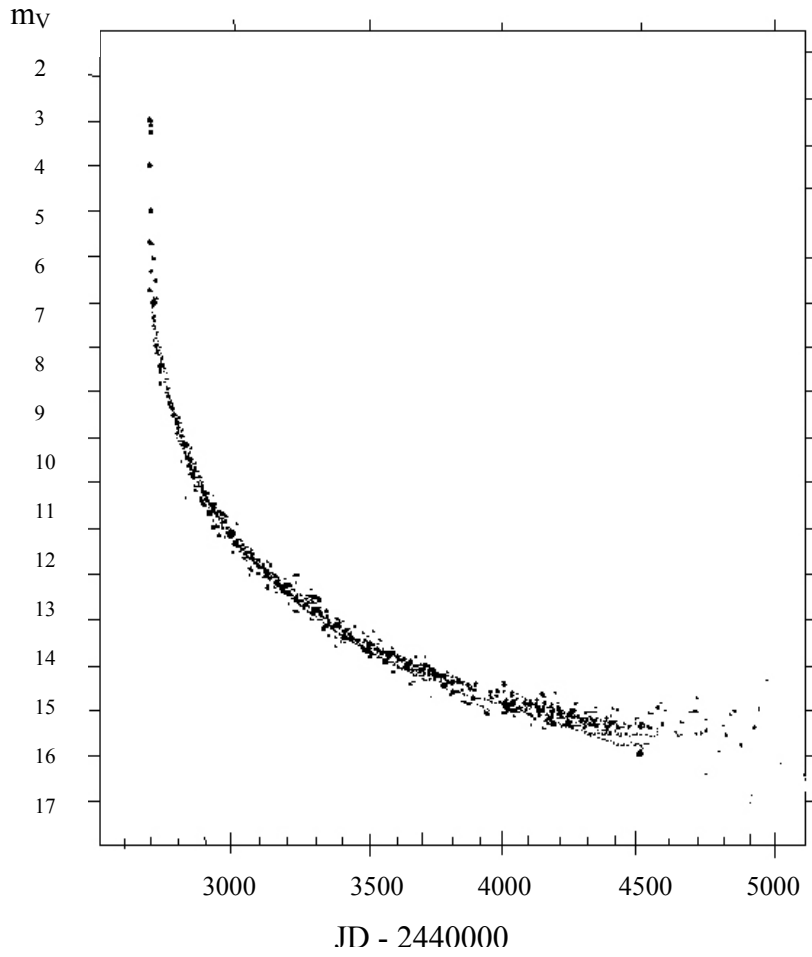
Yinelenen novalar genellikle hızlı novalardır, sık sık çok büyük yoldaşlara sahiptirler. Ayrıca kütle kazanan beyaz cüceler muhtemelen Chandrasekhar limitinin yakınındadır, ki bu limit yüksek basınç altında madde yığılımı sırasındaki patlamalara izin veren bir durum içerir. Bunlarda yığılma diskin topladığı kütle yaklaşık olarak klasik novalardaki kütleden 10 katı daha azdır.<sup>(\*)</sup>

M31 ( Andromeda galaksisi ) ve Küçük Macellan Bulutsusunda 8 yinelenen nova keşfedildi. İlk keşfedilen yinelenen nova T CrB (1866, 1944) olmuştur. En iyi gözlenen yinelenen nova RS Oph 'tır , bunun patlama zamanları 1898, 1933, 1958, 1967 olmak üzere patlama sıklığı 23 yıldır. Bu çiftin yoldaşı gM6 olarak bulunmuştur.

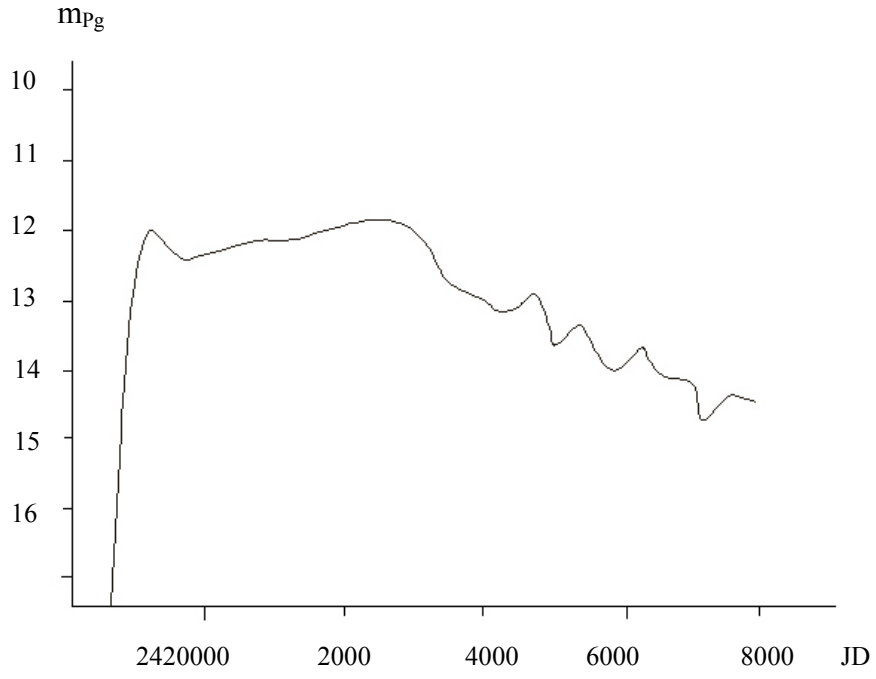
---

<sup>(\*)</sup> Chandrasekhar Limiti : Beyaz cücelerin kütlesi 1,4M'i geçmez. Bu limit değere Chandrasekhar limiti denir.

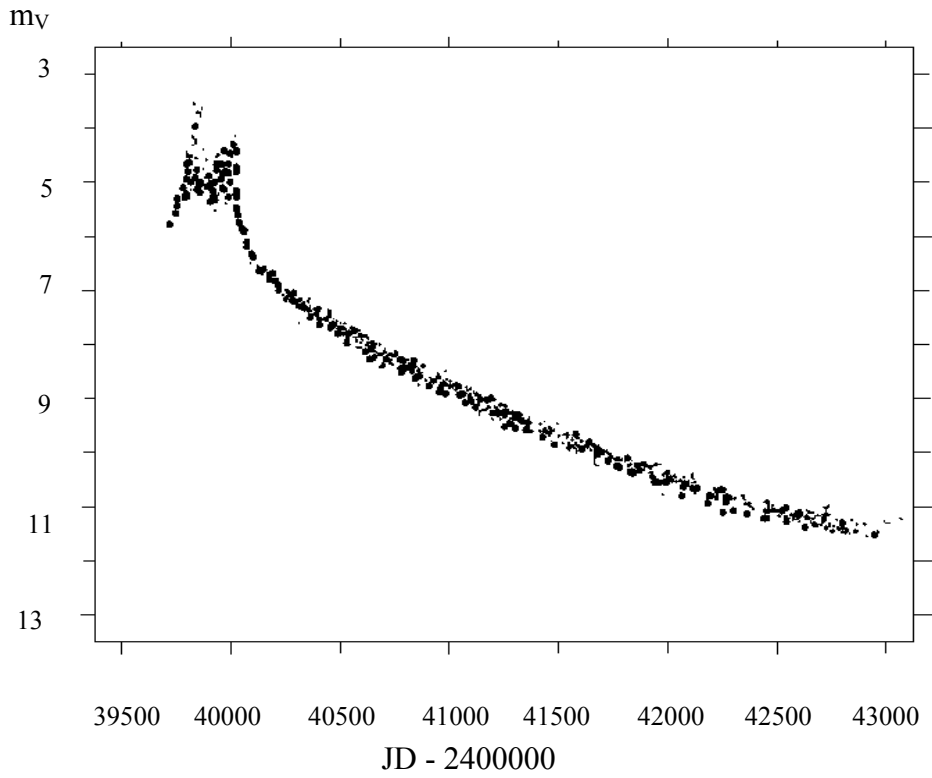
UBV gözlemleri ile elde edilen farklı hız sınıflarının bazılarının ışık eğrileri aşağıda verilmiştir. V1500 Cyg (1975) hızlı nova'nın ışık eğrisi Şekil:3-1 'de, çok yavaş novaya ilişkin ışık eğrisi Şekil:3-2 'de, Şekil:3-3 'te de yavaş novalara ilişkin iyi bir örnek olan HR Del ve Şekil:3-4 'te yinelenen novaya ilişkin bir örnek RS Oph verilmiştir.



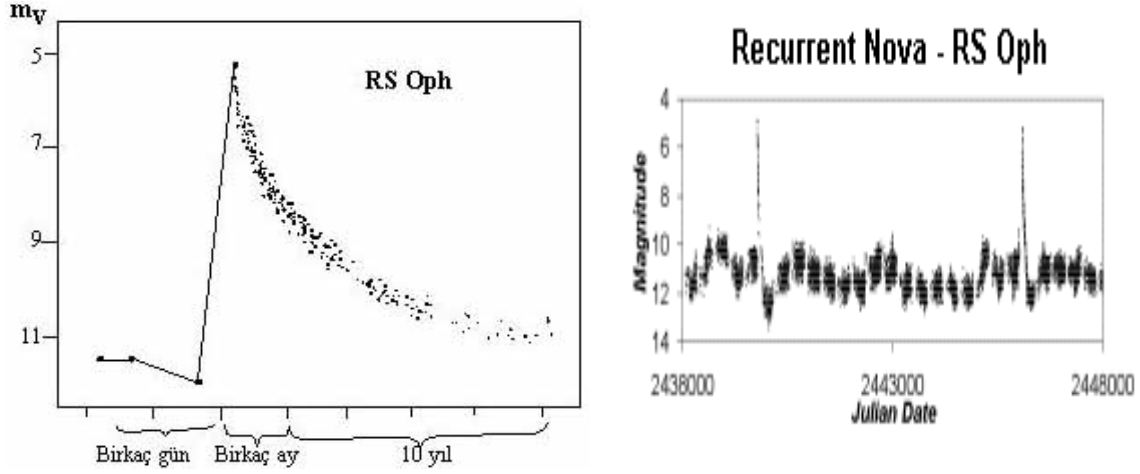
Şekil:3-1: Hızlı Nova , V1500 Cyg ışık eğrisi.



Şekil:3-2: Çok Yavaş Novaların ışık eğrileri.



Şekil:3-3: Yavaş Nova , HR Del 'in ışık eğrisi.



Şekil:3-4: Yinelenen Nova olan , RS Oph'ın ışık eğrisi.

1989 'da, Boade ve Evans tarafından gözlenen novaların analizi yayınlanarak birçok bilgiyi ortaya çıkardılar. Günümüzde birçok novalar hakkındaki bibliyografik bilgiler, bulgu tabloları, durumları ve fiziksel yapıları birçok bilim adamı tarafından araştırılmış ve birçok makaleler yayınlanmıştır.

### 3.2 – Nova Benzeri Yıldızlar

Bu grup ışık eğrilerinin tipik özellikleriyle veya ışığın tayf özellikleri novalara benzediği için nova benzeri cisimler olarak sınıflandırıldı. Nova benzeri yıldızlar, novaya benzeyen patlamaları göstermesi yanı sıra, bu tür hiç bir patlaması gözlenmeyen cisimleri de kapsar. Nova benzeri değişenlerin minimum parlaklıkta iken tayfı tipik novalara benzer. Oldukça sık yapılan ayrıntılı araştırmalarda bu homojen olmayan grubun tekrar sınıflandırılması gerektiğini ortaya koymuştur. Bundan dolayı bu türün bazı sınıflarında hala bir kararsızlık yaşanmakta, kararsız kalınan sınıflar çeşitli sınıfların içine dahil edilmişlerdir.

Nova benzeri cisimler, klasik ve cüce novalara spektral ve fotometrik benzerliklerinden dolayı bu adı almış bir gruptur. Fakat bu türle diğer novalar arasında nasıl bir ilişkinin olduğunu bilemiyoruz. Kış uykusuna yatma hipotezine göre; kütle yığılması olağanüstü bir şekilde azalabilir ve novalar o zaman nova gibi

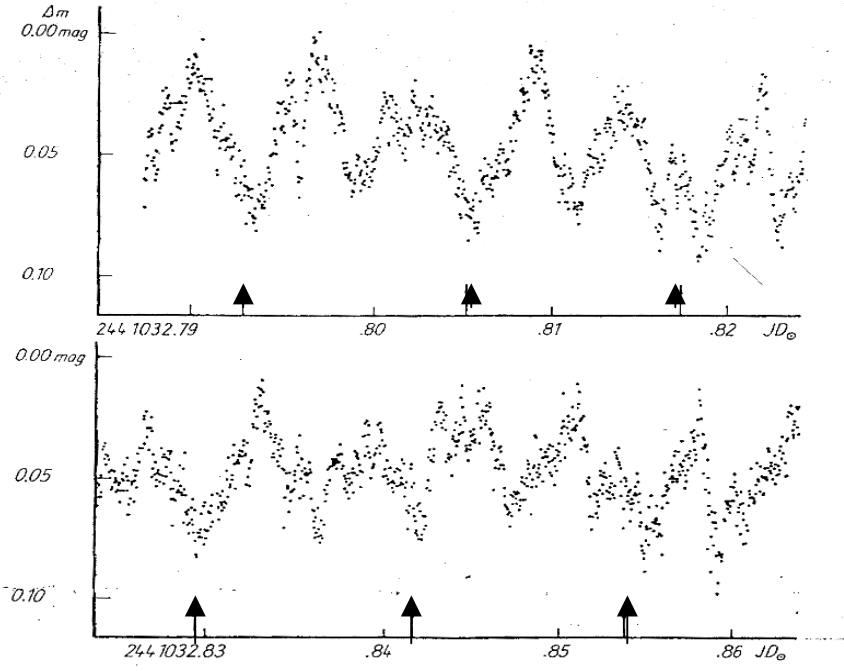
gözükmeyebilirler. Eğer kütle yığılma oranı ve beyaz cücenin manyetik alanı yeterince düşük olursa, kısmen periyodik disk dengesizliği meydana gelebilir. O zaman cisim bir cüce nova olarak sınıflandırılır. Eğer beyaz cüce kütlesi yeterince büyük ise ( $M_{WD} > 0.6 M_{\odot}$ ), nova patlamaları gözükabilir ve cisim nova olarak sınıflandırılır. Diğer bütün durumlarda ise; cisim net olarak nova ya da cüce nova olarak sınıflandırılmadığı zaman, nova benzeri olarak sınıflandırılır.

Nova benzeri sistemlerin alt sınıfları; AM CVn yıldızları, AM Her yıldızları, DQ Her yıldızları, UX Uma yıldızları ve VY Scl yıldızları olarak bilinirler. Bu alt sınıflar arasında en iyi bilinenleri AM Her ve DQ Her yıldızlarıdır, ki bu sistemlerden manyetik Katakizmik Değişenler bölümünde bahsetmiştik. Bu alt sınıfların temel özellikleri ise:

### **3.2.1 – AM CVn Değişenleri**

Bu türün açık adı AM Canum Venaticorumdur . Bu sistemler genelde kimyasal bileşiminde Hidrojen içermezler ve tahminen iki beyaz cüceden oluşan çift sistemlerdir. Bunlarda yörüngesel hareketler ve kütle yığılması gibi etkiler ışık eğrisinin değişimine neden olur. AM CVn çiftli sistemin yörüngesel dönemleri oldukça kısadır. Bu türe bir örnek Şekil:3-2-1 'de verilmiştir ve burada yörünge döneminin diğer Katakizmik Değişenler içerisinde kısa olduğu görülmektedir.

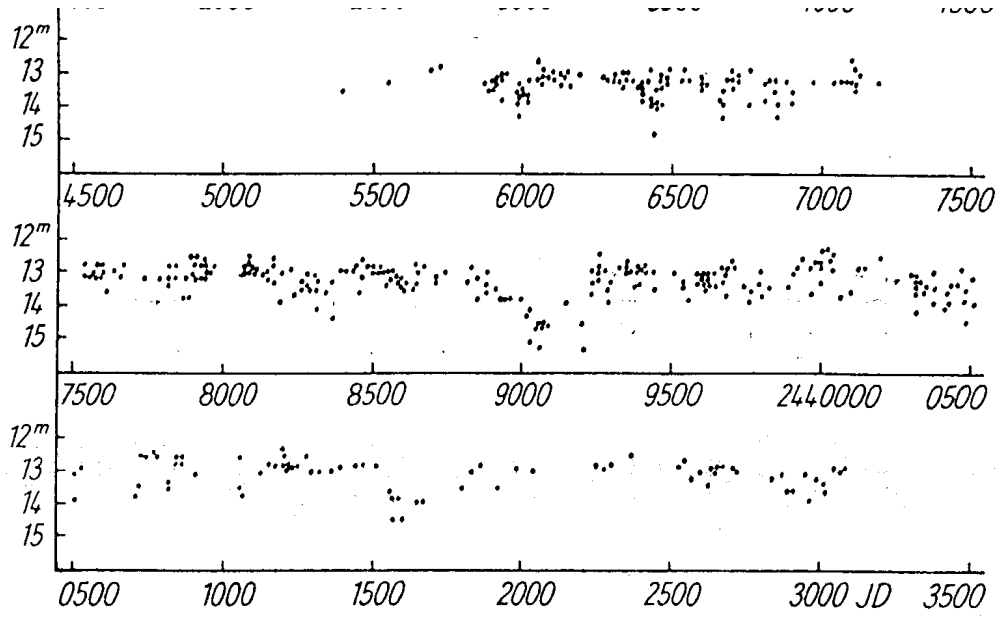




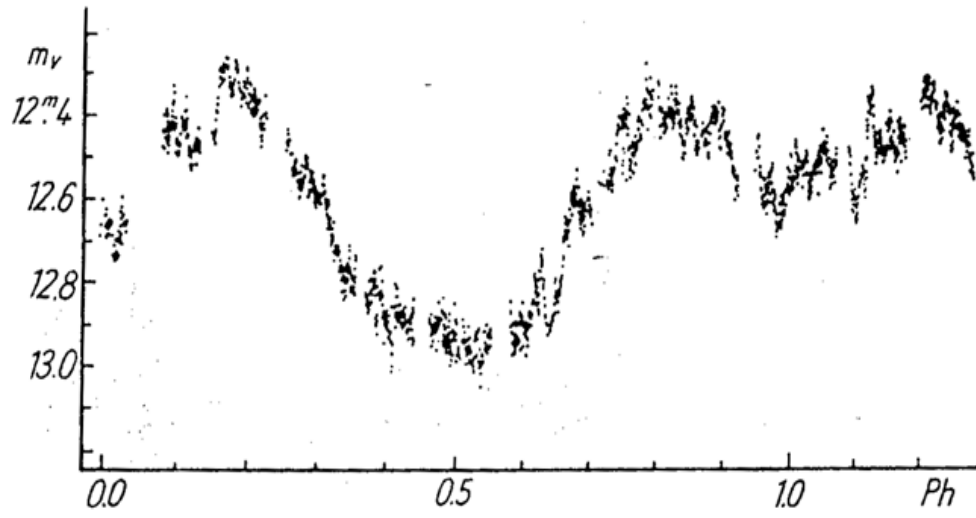
Şekil:3-2-1: 21 Mart 1971 tarihinde alınmış AM CVn yıldızının ışık eğrisi. Oklar, tutulma ışık eğrisinde birinci minimum zamanları belirtir.

### 3.2.2 – AM Her Yıldızları

Genelde beyaz cüce ve anakol ya da onun yakınlarında yer alan alt dev yıldızı içeren çift yıldızlardır. Beyaz cüce güçlü manyetik alana sahiptir ( manyetik alanı  $\approx$  birkaç 10 MG ). Kütle yığılması sonucu büyüyen disk genelde manyetik kutuplar doğrultusunda büyür. Yani transfer edilen kütle beyaz cüceye doğru dipolar (çift kutuplu) alan çizgileri üzerinde akar. Onun için bunlara kutuplu yıldızlar da denir. Bu sistemler ayrıca, uzun dönem boyunca parlaklıklarını sabit tutarlar, güçlü X-ışın salmaları gösterirler. Bu sistemlerin yörünge dönemleri ( periyotları ) 3.5 saatin altındadır. Ayrıca beyaz cücenin kendi eksenini etrafındaki rotasyonu ile çiftin yörünge periyodu aynı fazdadır. Şekil:3-2-2 ve Şekil:3-3-3 'te AM Her yıldızının tutulum ışık eğrisi ve parlaklık değişimi verilmiştir.



Şekil:3-3-2: AM Her yıldızının parlaklık değişimi.

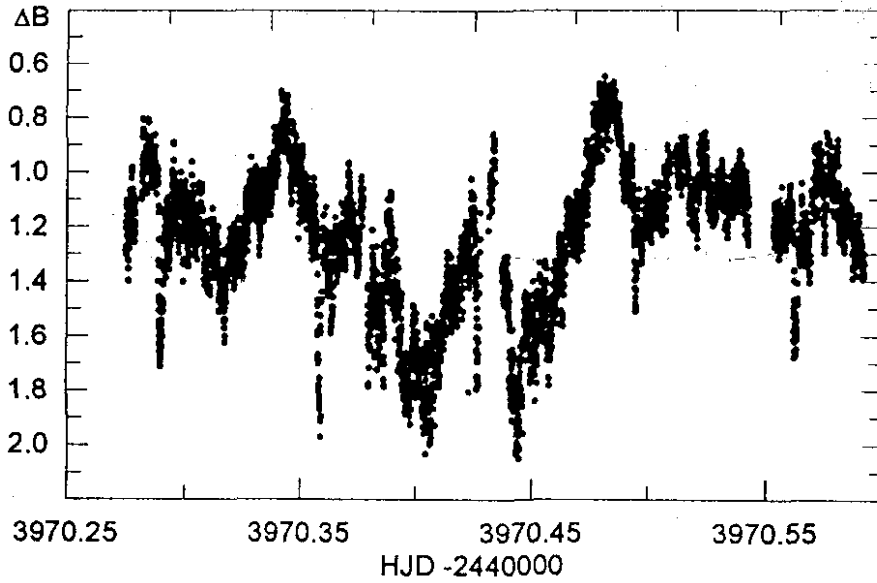


Şekil:3-3-3:AM Her yıldızının tutulum ışık eğrisi.

### 3.2.3 – DQ Her Yıldızları

DQ Her yıldızları, manyetik Kataklizmik Değişenlerin önemli sınıflarından biridir. Bu sistemler, manyetik güce sahip bir ( AM Her sistemlerine göre manyetik güç  $\approx 0.1$  katı ) beyaz cüce ve anakol yakınlarında yer alan soğuk yoldaş yıldızı içeren çift yıldız sistemleridir. Beyaz cücenin kendi eksenini etrafındaki dönme dönemi çiftin yörünge döneminden daha kısadır (  $P_{\text{spin}}/P_{\text{yörünge}} \sim 0.1$  ). Bunlar genelde orta manyetikli sistemlerdir. Astronomlar orta manyetik alanını hala tartışmaktadırlar. Sonuç olarak bu çift sistemlerde kısmi disklerin oluşup oluşmayacağı üzerinde bir tartışma vardır.

Bunlarda yığılma diski dış bölgelerde oluşur; yığılma diski manyetik alan tarafından dağıtılır ve kütle bir bölünme sütunundan geçerek manyetik kutuplar doğrultusunda akar. Bu ayrıklıktan dolayı diskin yapısı daha iyi incelenebilir ve geometrik özellikleri çıkarılabilir. Şekil:3-2-3'de EX Hya yıldızının B ışık eğrisi verilmiştir.

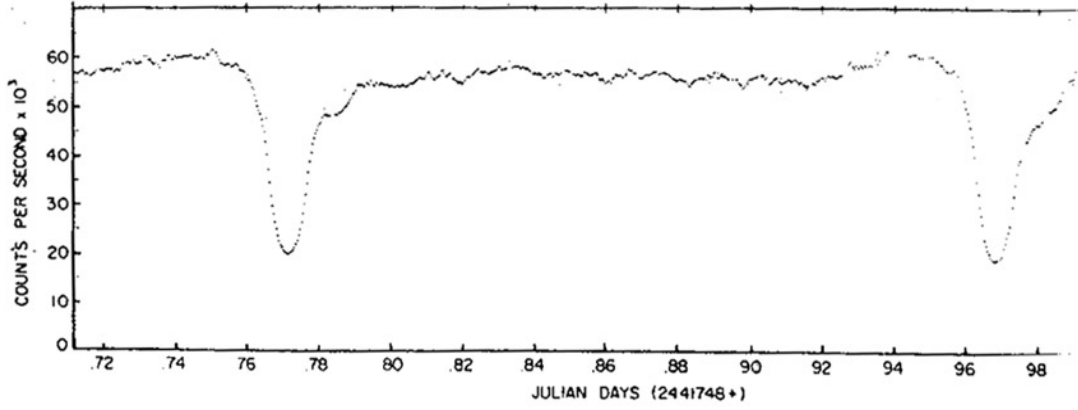


Şekil:3-2-3. EX Hya yıldızının B ışık eğrisi. Bu yıldız, Nova Benzeri (NL) sınıfın alt sınıfı olan DQ Her yıldızları için iyi bir örnektir.

### 3.2.4 – UX UMa Yıldızları

Bu yıldızlar genelde parlak yığılma disklerine sahiptirler, ki buna yüksek madde akım oranları sebep olur. Genellikle bunların ışık eğrilerinde tutulma etkileri görülür.

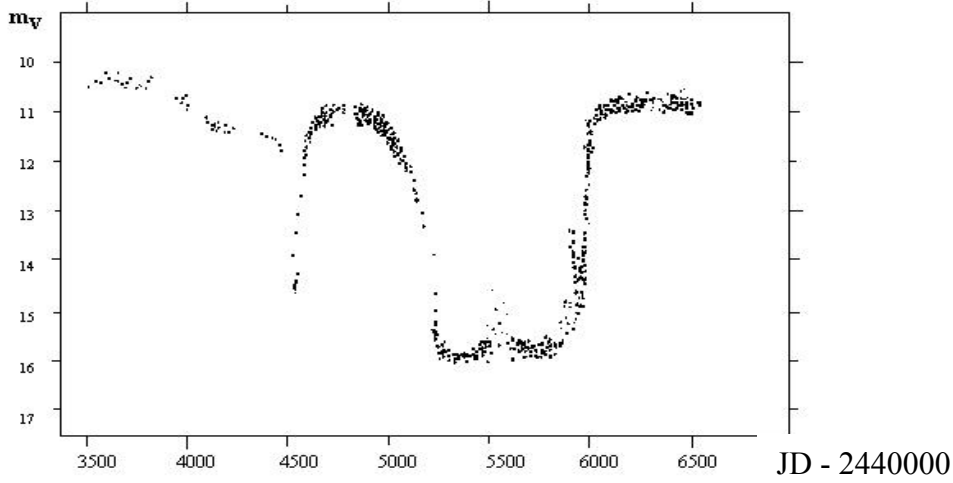
UX UMa yıldızlarının bazıları minimum parlaklık durumunda novalara benzerler. Şekil:3-2-4 'te UX UMa 'nın ışık eğrisi verilmiştir. Bunlar genelde tutulma gösterirler. Dikkat çeken diğer bir özellik, diskin tutulması yanında sıcak lekenin de tutulma göstermesidir ( büyük tutulmadan sonra küçük sığ tutulma ).



Şekil:3-2-4: UX UMa yıldızının ışık eğrisi, NL, altsınıf UX UMa.

### 3.2.5 – VY Scl Yıldızları

Bunlar aynı zamanda zıt cüce novalar olarak da bilinirler. Bu sistemler UX UMa sistemlerine benzerler. Ayrıca bu tür sistemlerde zaman zaman parlaklığında bir azalma görülür ve bu durumları aylarca sürer. Bunu Şekil:3-2-5 'te görmek olasıdır. Zıt cüce novaların periyot aralığı 2 – 3 saat arasındadır.



Şekil:3-2-5: TT Ari yıldızının ışık eğrisi. Bu yıldız VY Scl altsınıfına ait bir yıldızdır.

### 3.3 – Cüce Novalar

U Geminorum yıldızları veya cüce novalar , birbirini etkileyen çift yıldız sistemleridir. Bunlar ani ve şiddetli değişen yıldızların önemli bir alt grubunu temsil eder. Bu sistemler bir beyaz cüce ve yoldaş yıldız olarak bir kırmızı anakol yıldızını içerir ( G ve M tayf türü arasında ). Yoldaş yıldız evrimi esnasında birinci yoldaşa ( beyaz cüceye ) öyle yaklaşır ki beyaz cüce doğrultusunda sürekli olarak yüzeyinden madde kaybetmeye başlar. Bu madde akımı beyaz cüceyi direkt olarak vurmaz. Çünkü yüksek açısal moment, beyaz cüce etrafındaki yörüngede bulunan madde akımını zorlar. Böyle bir durumda ise bir yığılma diski şekillenir. Birçok Kataklizmik Değişende ışık değişimleri ile bu yığılma diskindeki karışık hareketler belirlenmiştir.

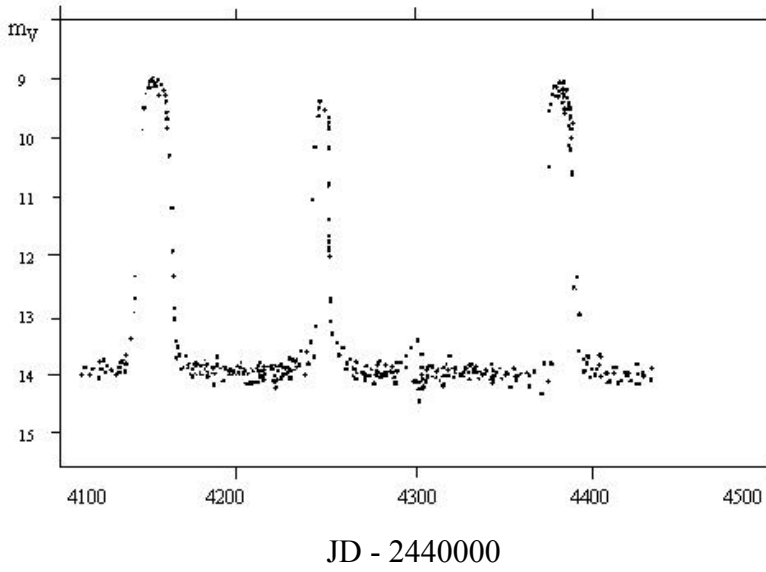
Cüce novalar yarı düzenli patlamalarla tanınırlar: neredeyse bir gün içerisinde 3 – 8 kadir parlaklığı arasında ani bir parlama, 3 ile 10 günlük bir parlak fazdan sonra birkaç gün içinde eski parlaklığına dönerler. Patlamalar her yıldız için karakteristik olan orantılı aralıklarla tekrarlanırlar. En kısa orantılı aralıklar günlüktür. Tipik aralıklar 20 ila 200 gün arasında değişir. Bazı istisnalarda 32 yıla varan durumları

vardır. Örneğin WZ Sge yıldızı böyle bir aralığa sahiptir. Patlamalar arasındaki zaman aralığı ne kadar uzunsa genlikte o kadar büyük olmaktadır.

Sakin fazlarda ( parlaklığı fazla değişmediği durumlarda ), cüce novalar geniş, genellikle çift bileşenli Balmer ve HeI salma çizgi tayflarına sahiptirler. Bu çizgiler yığılma diski içinde ve etrafında oluşmuştur. Sakin olmayan fazlarda ise bunlar kaybolur.

Cüce novalar, 80 dakika ile 14 saat arasında değişen yörüngesel periyot verilerine sahiptirler. Patlamalar, yığılma diskindeki potansiyel enerjinin salınmasına dayanır; diskteki ani değişme dış disk maddesinin beyaz cüce doğrultusunda düşmesini kolaylaştırır ve yüzeyine çarparken enerji açığa çıkartır. Bu açığa çıkan enerji Ultraviyole ve X-ışın bandı aralığında salınır. Bu diskteki ani değişim hakkında hala bazı tartışmalar mevcuttur.

İlk keşfedilen cüce nova U Geminorum yıldızıdır ( Şekil:3-3-1) ve bunun ilk bilinen patlaması İngiliz Astronom John Russel Hind tarafından Aralık 1855 'te gözlemlendi. J.R.Hind ilk olarak U Gem 'i belirsiz bir nova olarak sınıflandırdı. Mart 1856 'daki patlamasından sonra, U Gem'un yeni bir tip değişen yıldız olduğu anlaşıldı. Cüce novalar'ın maksimum parlaklığı  $8^m$  ve minimum parlaklığı ise  $12^m$  dir. Cüce novalar yakın çift cisimlerdir. (  $M_V \approx + 8$  , uzaklık  $\geq 70$  pc ).



Şekil:3-3-1: İlk Cüce Nova U Gem 'in ışık eğrisi.

Amatör Astronomlar cüce novalar'ın araştırmalarında ve keşiflerinde çok fazla katkıda bulunmuşlardır. Çünkü profesyonel teleskoplar gözlem zamanları sıkı bir şekilde programlamışlardır, tahmin edilemeyen patlamaların davranışlarını izleyemezler. Bu sebepten dolayı amatörler burada devreye girerler ve bunlar novalar gibi birçok cismin keşfedilmesinde önemli katkılarda bulunurlar.

Bu büyüleyici cisimlerin araştırma sahası modern astrofizikte önemli bir yere sahiptir: X-ışın çiftlerinde, galaktik çekirdek gökcisimlerinde ve yıldızların oluşumunda meydana gelen gelişimi anlamada çok önemli olan yıldızların evrim fiziğinin araştırma sahası için cüce novalar ideal model durumunda olmuşlardır. Tüm bu cisimler cüce novalara nazaran kolay bulunamayan ve cüce novalara göre daha az gözlenen cisimlerdir. Bu nedenle cüce novalar yıldızların evrimini araştırma sahası için anahtar cisimlerdir.

Cüce novalar'ın da diğer Katakizmik Değişenlerde olduğu gibi belli özelliklere göre bir çok alt sınıfı vardır. Bu alt sınıflar içinde en tanınmışları: SS Cyg değişenleri, Z Camelopardalis değişenleri ( Z Cam ) ve SU Ursa Majoris değişenleridir ( SU UMa ). Bu değişenlerin özellikleri ise şöyledir:

### 3.3.1 – SS Cygni Değişenleri

SS Cyg yıldızları 3 saat ‘ten fazla yörünge periyotlarına sahiptirler ve her biri 3 – 10 gün arasında sonlanan, 30 – 100 günlük tipik aralıklarla tekrarlanan patlamaları gösteren sistemlerdir. Patlamaların genlikleri ile periyot uzunluğu arasında genelde bir ilişki vardır.

SS Cyg yıldızların %75 ‘i, büyük ve küçük genlikli patlamalar arasında belirli bir fark gösterirler. Yörünge periyodu artması ile birlikte patlama genliği de artar, genişlik oranı ise azalır. SS Cyg ve Z Cam yıldızlarının yaklaşık %70 ‘i istisna patlamalar gösterirler, patlamalar ışık eğrisinde simetrik bir görüntüye sahiptir.  $P > 10$  saat olan uzun yörüngesel periyotlu SS Cyg’ni yıldızları için anormal patlamalar normal gibi görünebilirler. Anormal patlamalar geniş veya dar olabilirler. Aşağıdaki Şekil:3-3-2 ‘de SS Cyg değişenlere ait SS Cyg yıldızın ışık eğrisi verilmiştir ve bu SS Cyg yıldızları için tipik bir örnektir. SS Cyg değişenlerinin çeşitli alt sınıfları vardır. Bunlar; U Gem, SS Cyg, Bv Cen değişenleri olarak bilinirler.

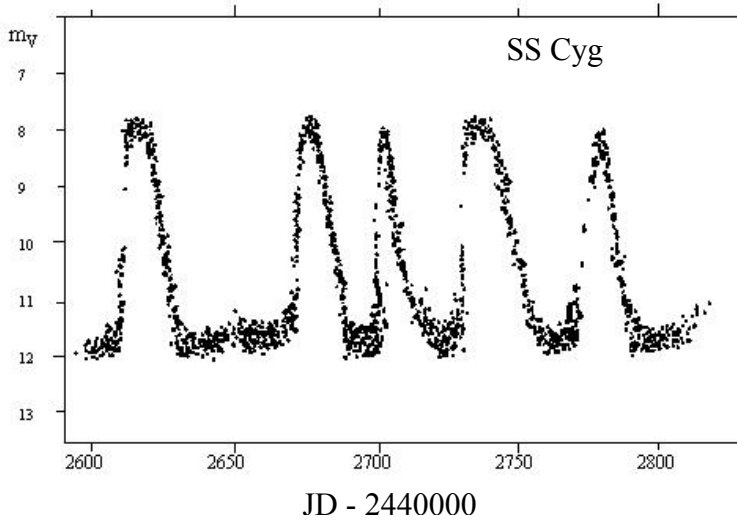
#### i) U Gem:

İlk keşfedilen cüce novadır ve cüce novalar içerisinde en tanınmış değişen yıldızdır. Bunlarda yığılma diski ile kısmi tutulmalar sergileyen bir tutulum sistemidir. Bu Şekil:3-3-1 ‘de gözükmektedir.

#### ii) SS Cyg :

Tüm cüce novalar içerisinde en parlağı ve en iyi gözlenebileni olması nedeniyle diğer alt sınıflar SS Cyg sınıfı değişenleri içersine dahil edilmişler. Bu yıldızlara ilişkin tipik bir örnek Şekil:3-3-2 ‘de verilmiştir. Bunların patlama modeli ve davranışları daha detaylı bir şekilde incelenmiştir.





Şekil:3-3-2: SS Cyg değişenin ışık eğrisi.

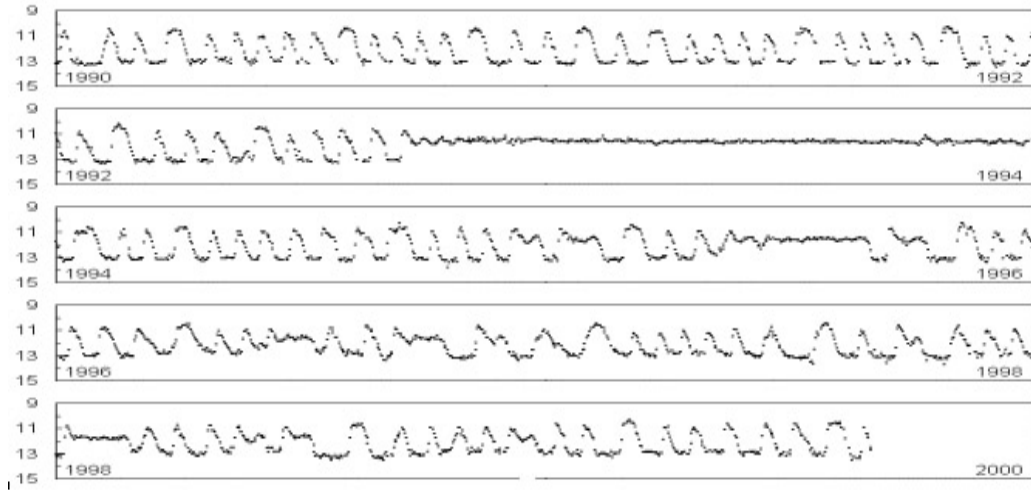
### iii) BV Cen :

Yörünge periyotları  $P = 14.64$  saat olması nedeniyle en uzun yörüngesel periyotlu cüce novalardır.

### 3.3.3 – Z Camelopardalis Değişenleri ( Z Cam )

Z Cam yıldızları her 10 – 80 günde tekrarlanan patlamalar ve 3 saatten fazla yörünge periyotlarıyla cüce novalar'ın bir alt sınıfıdır. Düzensiz aralıklarla bir patlamadan sonra sistemin minimum parlaklığına dönmesi zordur; bunun yerine aylarca hatta yıllarca temel bir değişme olmaksızın orta parlaklıklarda kalır. Z Cam yıldızları için olağan olan bu durumlar nispeten yüksek kütle transferinin geçici denge sağlaması olarak yorumlanır. Bu orta parlaklığındaki durma, sakin durumuna dönme ve patlama aktivitesinin iyileşmesiyle sonlanır. Bazen sakin durumlarda tipik cüce nova patlama durumlarını göstermezler ve bunlar nova benzeri yıldızlar arasında sınıflandırılırlar.

Z Cam yıldızına ilişkin tipik bir örnek Şekil:3-3-3 'teki ışık eğrisinde bu orta düzey parlaklık durumları görülebilir.



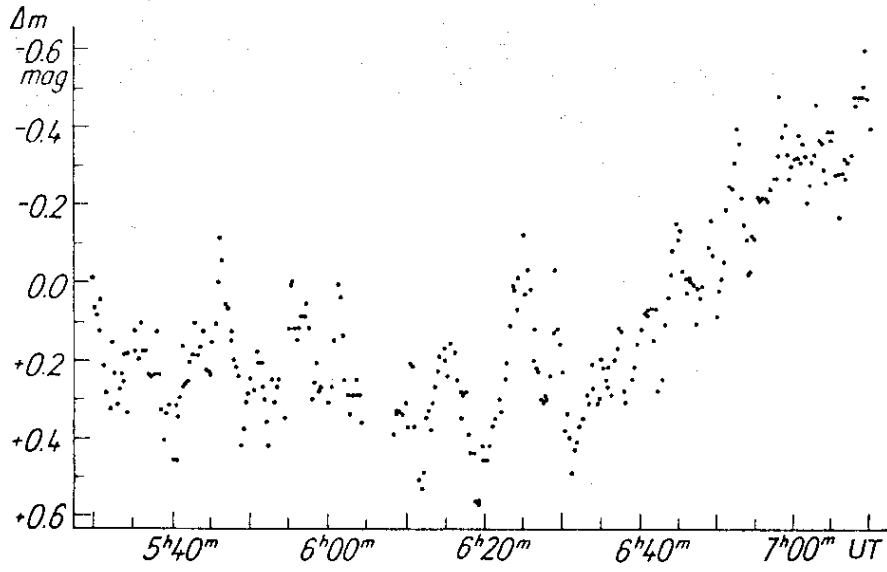
Şekil:3-3-3: Z Cam değişenin 1990 - 2000 yılı arasındaki ışık eğrisi.

### 3.3.3 – SU Ursae Majoris Değişenleri ( SU UMa )

SU UMa değişenleri, birbirinden çok farklı iki tip patlamaları olan cüce novalardır:

i) Birinci tip olarak, 15 – 40 günlük aralıklarla tekrarlanan ve sadece birkaç gün süren ve sık sık vuku bulan kısa patlamalardır,

ii) İkinci tip olarak, birkaç yıl ile altı ay arasındaki aralıklarla ortaya çıkan ve 10 – 20 gün süren süper patlamalardır. Süper patlamalar, kısa patlamalardan daha parlaktır ki bu yaklaşık 1 kadir farka karşılık gelir. Kısaca maksimum parlaklığı geçirdikten sonra yıldızın ışık eğrisinde süper tümsekler ( girintili, çıkıntılar ) gelişir. Bu tümsekler ışık eğrisinde yörüngesel periyodundan % 3 veya % 5 daha uzun aralıklarla ya da yıldızın kendi eksenindeki dönme dönemi ile tekrarlanır. Genelde SU UMa yıldızları, yörüngesel dönemleri  $\approx 3$  saat olan kısa yörünge dönemlerine sahip yıldızlardır.

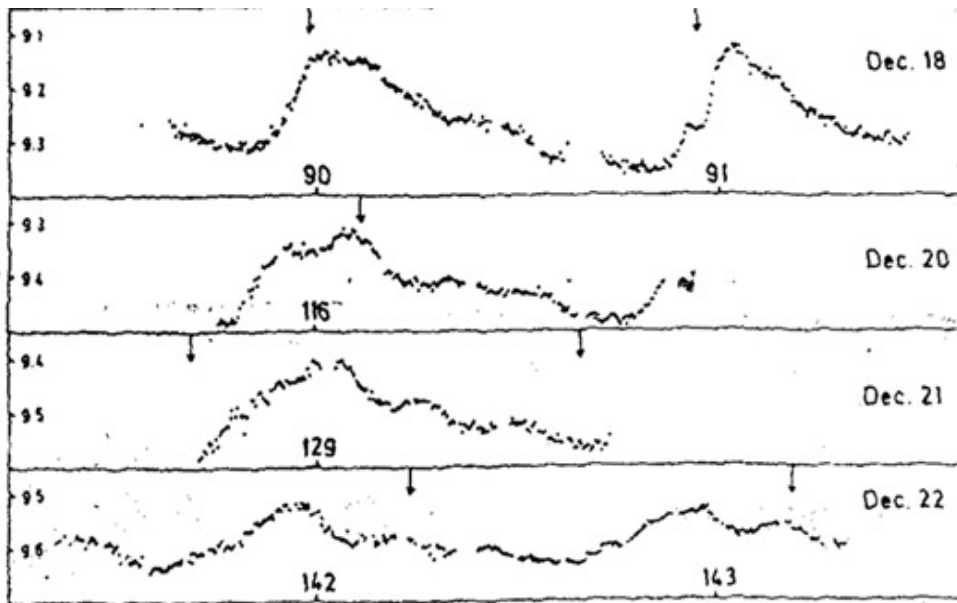


Şekil:3-3-4: SU UMa yıldızının 23 Ocak 1963'te Kitt Peak Gözlemeviden ölçülen parlak değişimi.

Bilinen SU UMa yıldızları için tipik örnekler veya alt sınıflar:

**i) VY Hyi :**

Bu sistem SU UMa yıldızları içinde en parlak ve üzerinde en iyi çalışılan yıldızlardır. Bunların ışık eğrisi içerisinde yörüngesel tümsekler en iyi şekilde görünürler, bunun ışık eğrisi aşağıdaki Şekil:3-3-5 'te ki gibidir.



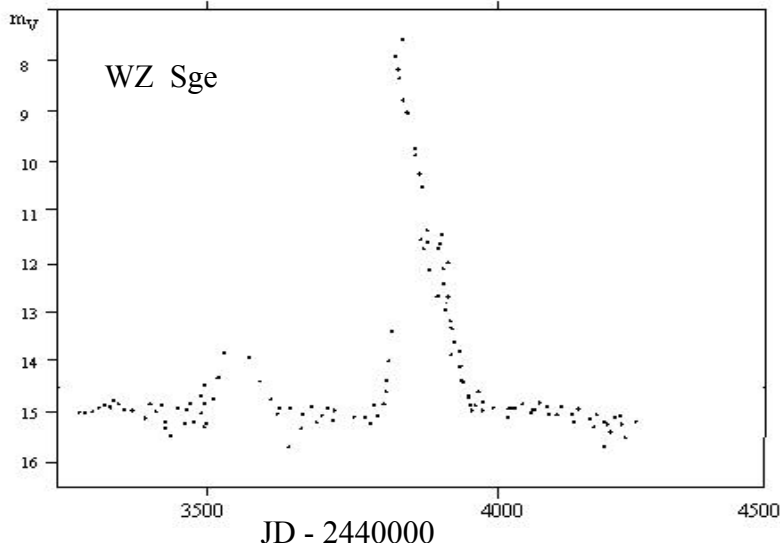
Şekil:3-3-5: Aralık 1972 alınan VW Hyi yıldızının süper patlamaların parlaklık değişimi. Yatay eksendeki sayılar,  $2441662,687 + 0,07676E$  evrelerine karşılık gelen süper tümsekleri, oklar ise sakin tümsekleri gösterir.

**ii) Z Cha :**

Bu sistem ise, beyaz cüce ile büyüme diskinde oluşan sıcak lekelerin tamamen tutulmasıyla bilinen bir SU UMa yıldızıdır.

**iii) WZ Sge :**

Bu yıldız bilinen en uzun patlama dönemine sahip bir cüce novadır. Patlama dönemi yaklaşık 32 yıl olarak bulunmuştur, aynı zamanda bilinen en kısa yörüngesel periyoda sahiptir ( 1.36 saat ). WZ Sge yıldızı bir tutulma sistemidir ve bu yıldız SU UMa sınıfının ileri bir durumunu veya cüce novalar içerisinde kendi sınıfının en parlak üyesidir.



Şekil:3-3-6: WZ Sge yıldızının ışık eğrisi (AAVSO).

### 3.4 – Simbiyotik Yıldızlar

Sembiyotik yıldızlar veya Z And değişenleri, etkileşen çift yıldız sistemleridir. Bu grubun belirleyici karakteristik özelliği, düzensiz fotometrik değişimlerin yanı sıra, tayflarının aynı zamanda soğuk bir devin tayf özellikleri ile yüksek sıcaklıktaki plazmanın tayf özelliklerini gösterirler. Sınırlı dalga boyu bölgelerinde yapılan çalışmalar sık sık Sembiyotik yıldızları yanlış sınıflandırılmasına neden olmuştur.

Çift sistemin dev yoldaşı genellikle M veya C tayf türünü içerir. Bunun yanı sıra G tipi tayfa sahip olanlara “ Sarı Sembiyotik yıldızlar “ denilir. Çiftin diğer yıldızı, küçük kütleli anakol yıldızı veya yoğun cisim olabilir; örneğin alt cüceler, beyaz cüce veya nötron yıldızı olabilir. Dev yıldızdan transfer edilen kütle gel – git kuvvetine bağlı olarak anakol veya yoğun yıldızda doğru akar. Devden çıkan yüklü parçacıkların ise yoğun yıldızı çevreleyen diske yığılır.

Sembiyotik aktivitenin derecesi, iki yıldızın ayrıklığına ve evrimsel durumlarına bağlı olmaktadır. Değişkenlik saniyelerle birçok on senelik müddetler arasında değişir. Yörünge periyotları yaklaşık 100 gün ile belki de yıllar arasında değişir. Bunlara ait iyi bir örnek AR Pav ‘ın ışık eğrisi Şekil:3-4-2 ‘de verilmiştir.

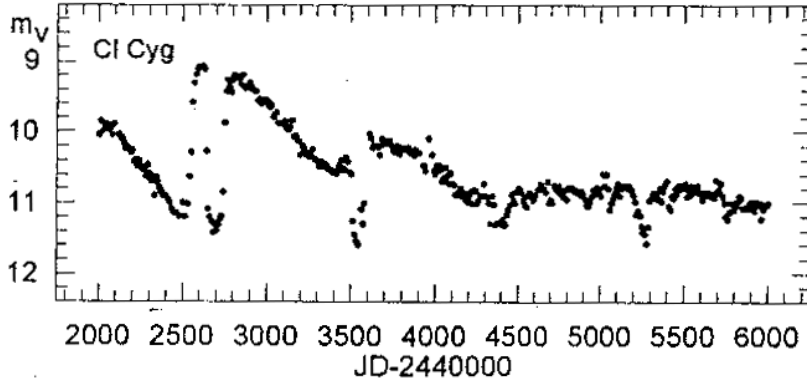
Çok yavaş novalar, Sembiyotik yıldızların ilginç bir alt grubudur. Bu gibi cisimler on yıllar ile yıllar arasında bir zaman ölçeğinde birçok kadirlik patlamalarını geçirmişlerdir. Genellikle bu patlamalara bir beyaz cücenin yüzeyine yapışmış materyal ‘da ki bir termonükleer kaçağın sebep olduğuna inanılır. Bu yüzden bunlar yinelenen novalar ile sıkı ilişkilidirler, ki bazıları M tayf türü olan dev yoldaşlarına sahiptirler ve sıkça Sembiyotik yıldızlar sınıfında sınıflandırılırlar. Örneğin RS Oph.

Geçmiş yıllarda Sembiyotik yıldızlar sınırlı fotoelektrik fotometrenin konusu olmuştur. Çünkü bu yıldızların mavi tayfları genellikle salma çizgileri tarafından yönetilir, bunların fotoelektrik fotometrelerini standart bir sisteme koymak mümkün değildir, UVB sistemi gibi. Bu sebepten dolayı farklı fotoelektrik fotometrelerle yapılmış gözlemleri bir araya getirmek pek yardımcı olmaz.

Sembiyotik yıldızlara ilişkin temsilci olarak seçilmiş bazı yıldızlar;

**i) CI Cyg :**

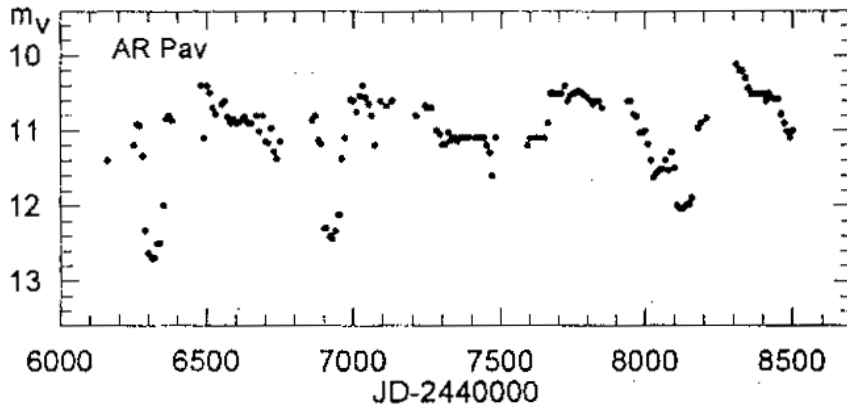
Bu yıldızın yörünge periyodu 812 gündür, M4 tayf türünden bir dev yıldız ile bir anakol yıldızından oluşan çift bir sistemdir. Dev yoldaş ile anakol yıldızı bir tutulum gösterir. Bir çok patlamalara maruz kalmıştır ve bunların hiçbiri aynı değildir.



Şekil:3-4-1: CI Cyg yıldızının ışık eğrisi (AAVSO).

**ii) AR Pav :**

M3 tayf türünden dev bir yoldaş yıldız ile tayf türü G05 olan bir anakol yıldızını içeren çift sistemdir. AR Pav, günlük yörüngesel döneme sahip ve tutulum gösteren bir sistemdir.



Şekil:3-4-2: AR Pav yıldızının ışık eğrisi (AAVSO).

### iii) AG Peg :

Bu yıldızın dev yoldaşı M3 tayf türünden olup ve birinci yoldaşı bir beyaz cüce olan ve iyi bilinen bir sistemdir. Çiftin yörünge dönemi 816.5 gündür. 1850 'lerde bu yıldız nova gibi bir patlamaya uğramıştır.

### iv) RR Tel :

Bu yıldız bir Simbiyotik Mira ve çok yavaş novadır. Bu Mira veya D tipi Simbiyotikler, yıldızlararası tozun bulunduğunu gösteren kızıl ötesi gözlemleriyle bulunmuş önemli bir alt sınıftır.

## 3.5 – Süpernovalar

Süpernovalar, ani patlayan ve parlaklığında büyük bir artış gösteren sistemlerdir. Bunlar novalar gibi fakat çok daha büyük ölçekte patlamalar gösterirler. Salt parlaklıkları  $-16^m$ ,  $-20^m$  e kadar yükselir. Süpernovalar tek tek yıldızlarda görülebileceği gibi çiftli sistemlerinde bu patlamaları göstermesi muhtemeldir. Süpernovalar ani patlama davranışları nedeniyle Katakizmik Değişenler içine dahil edilirler. Bir süpernova patlaması, geri döndürülemez bir yönde bir yıldızın yapısını olağanüstü bir şekilde değiştiren, ender görülen bir yıldız patlama türüdür. Büyük bir miktarda madde yıldızdan ( pek çok Güneş kütlesi kadar bir madde ) yüksek hızla koparılır. Dışarı atılan kabuk, yıldızlararası ortamda birbirini etkiler ve radyo, optik ve X-ışın bölgelerinde ki patlamalar ile uzun bir müddet gözlenebilen süpernova kalıntılarını oluştururlar. Süpernovalar patlamalarının ışık eğrisine ve tayflarına göre iki sınıfa ayrılır; Tip I yada SN I ve Tip II veya SN II olarak bilinirler.

Tip I süpernovalar, birbirlerine oldukça benzer ışık eğrilerine sahiptir. Bunların tayflarında Ca II, Si ve He I 'in soğurma çizgileri görülür. Bunlar ayrıca orta ve yaşlı yıldız popolasyonunda meydana gelirler. Onların geçmişteki yıldızları net olarak bilinemez ama en yakın yoldaştan maddeyi bir araya toplayan ve Chandrasekhar limitini zorlayan beyaz cüce adaylarıdır. Diğer bir olasılık da iki beyaz cüceyi içeren

bir çiftli sistem hipotezidir. Beyaz cüce belli bir limitin üzerindeki maddeyi çekemeyerek hızla çöker ve bir nötron yıldızına dönüşür yüksek bir enerji salınır.

Yapılan son araştırmalarda Tip I süpernovaları , Ia, Ib ve Ic alt tiplerine ayrılmıştır. Bu üç alt sınıftaki ışık eğrileri hemen hemen aynı dağılım gösterirler. Bu alt sınıflamalar, tayf araştırmalardaki tayf çizgilerin incelenmesiyle yapılmıştır.

Tip II süpernovaları daha büyük bir farklılık gösteren ışık eğrisine sahiptirler, parlaklık derecesindeki yayılma Tip I 'den daha geniştir. Yıldızların merkezlerinde enerji üretiminde demir bir çekirdek meydana geldiği zaman patlama meydana gelir. Bunun sebebi ise yıldızın enerji kaynaklarının tükenmesidir. Yıldız çöker ve bir nötron yıldızı meydana gelir, yıldızın çöküşünü takip eden madde dışarıdaki katmanlarla birlikte dışarı atılır. Tayfında Hidrojen ve He I 'in soğurma çizgileri görünür, daha sonra tayfı novalar'ın ki gibi olur. Bu tip patlama özellikleri taşıyanlara Tip II süpernovaları denir. Bunlar genç yıldız popülasyonunda meydana gelir, nötron yıldızına ya da karadelik kalıntılara yol açan kırmızı çok büyük tekli yıldızların evriminin son bölümünü oluşturur.

Süpernovalar aynı zamanda galaksilerde uzaklık belirlenmesinde kullanılırlar. Günümüzde hala bu metotlar kullanılmakta ve bazı tartışmalar sürmektedir. Özellikle Hubble sabitiyle ilgili bir tartışma vardır. Süpernovalar'ın salt parlaklıkları, Ia tipi için  $M_V = -19^m.9$  , Ib için  $M_V = -18^m$  ve Hubble sabiti için  $50 \text{ kmsn}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$  'in varsayımıyla Tip II için  $M_V = -17^m.8$  olarak bulunmuştur .

Süpernovalar'ın gözlem sıklıkları, onların parlaklıklarına ve galaksinin parlaklığına bağlı olduğu gibi süpernovaların şekline ve galaksinin türüne de bağlıdır. Talo:3-5-1 'te farklı sınıf galaksilerde süpernova sıklıkları verilmiştir. Bunlar SN biriminde verilmiştir ( 1 SN birimi; bir yüzyıl içerisinde her  $10^{10} L_{\odot}$  için 1 süpernovaya eşittir,  $h = 100 \text{ kmsn}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$  ise Hubble sabiti değeridir ).

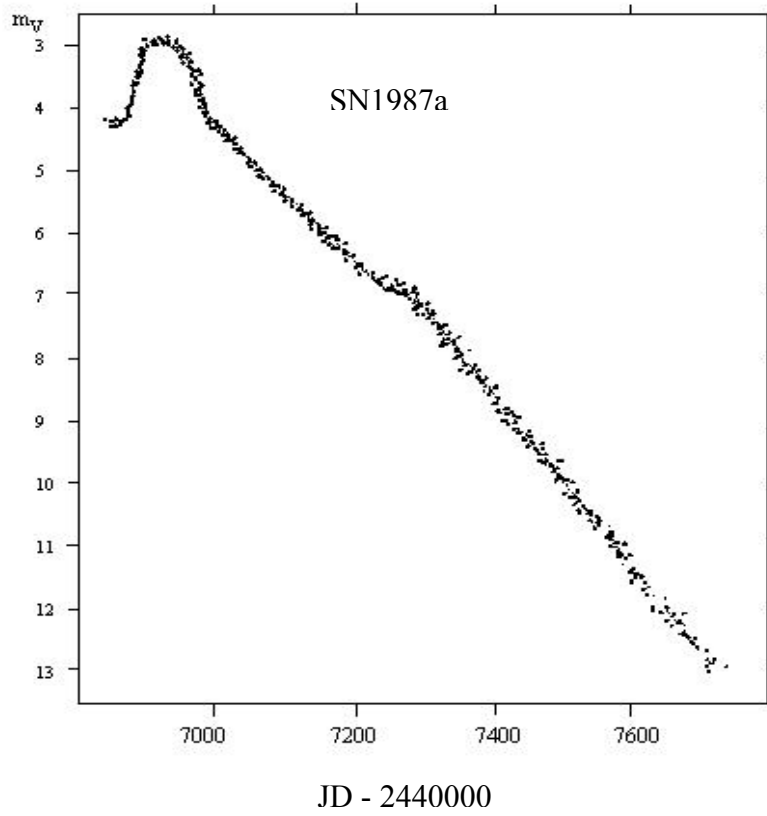
Tip	E-S0	S0/a, Sa	Sab, Sb	Sbc-Sd	Sdm-Im
Ia	$0.5h^2$	$0.5h^2$	$0.35 h^2$	$1.3 h^2$	$0.4 h^2$
Ib	-	$0.15 h^2$	$0.25 h^2$	$1.05 h^2$	$0.7 h^2$



II	-	0.25 h <sup>2</sup>	1.0 h <sup>2</sup>	6.0 h <sup>2</sup>	2.5 h <sup>2</sup>
Diğer	0.5 h <sup>2</sup>	0.9 h <sup>2</sup>	1.6 h <sup>2</sup>	8.3 h <sup>2</sup>	3.6 h <sup>2</sup>

Tablo:3-5-1: Farklı sınıf galaksiler için süpernova sıklıkları. E, S0, Sa, Sb, Sc, Sdm, Im galaksi sınıflarını temsil etmekte. E: Eliptik Galaksiler, S: Sarmal Galaksiler, I: Düzensiz Galaksileri sınıfını belirtir.

Aşağıda SN1987a süpernovası'nın ışık eğrisi verilmiştir. Bu fotoelektrik gözlemlerin iyi bir kaydıdır.



Şekil:3-5-1: Sn1987a, Tip II süpernova patlaması.

## SONUÇ

Patlayan Değişen yıldızların bir alt sınıfı olan Kataklizmik Değişenler, ilk 1855 keşfedilmiş, ancak bunun yeni bir değişen yıldız olduğunu ilk kez 1960'ta Gaposchkins ortaya çıkarmıştır. Kataklizmik Değişen yıldızlar, kütle kazanan bir beyaz cüce ve ona kütle veren dev yoldaş yıldızdan oluşan yakın çift sistemlerdir. Başlangıçta diske yığılan kütle sonunda beyaz cüce üzerine yığılır. Sonuçta bir termonükleer kaçış reaksiyonu başlar ve yığılan madde örtüsünü dışarı fırlatır. Böylece parlaklığında ani bir artışa neden olur. Kataklizmik Değişenlerin her birinin farklı karakteristik patlama morfolojisi vardır. Bunlar; Hızlı Novalar, Yavaş Novalar, Yinelenen Novalar, Cüce Novalar, Nova Benzeri yıldızlar ve Süpernovalar olarak bilinen karakteristik patlamalara sahiptir.

Kataklizmik Değişenler, beyaz cücelerin ve nova patlamalarının yapısını belirlemede bir çalışma zemini olarak bilinir. Ayrıca disk fiziğini çalışmada da örnek bir model durumundadır. Tartışılan en önemli konu bu disk fiziğidir. Özellikle zayıf manyetik alana sahip beyaz cücelerin kısmi olmayan bir diski oluşturup oluşturamayacağı üzerinde bir tartışma vardır. Diğer bir tartışma konusu da bazı Kataklizmik Değişenlerin hangi sınıflara dahil edileceği üzerinedir. Yine bu tür sistemlerin önemli özelliklerinden biri X – ışın üretim mekanizmalara sahip olmasıdır.

Sonuç olarak bu tür yıldızlar için söylenebilecek çok şeyin olduğunu görüyoruz. Kataklizmik Değişenler üzerinde çeşitli konularda araştırma yapılabilir, çünkü bu sistemler günümüz Astrofiziğin önemli konularından biridir. Özellikle gözlem tekniklerin gelişmesi ve Yer atmosferi dışındaki gözlemler Kataklizmik Değişenler hakkında bir çok özelliği ortaya çıkarmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Engin, S. 2000. “ Genel Astronomi II Ders Notları “ . A.Ü.F.F. Yayınları, No:57, Ankara.
- Aydın, C. ve Aslan, Z. 1995. “ Yıldızlar: Yapıları ve Evrimleri “ . A.Ü.F.F. Yayınları, No: 24, Ankara.
- Thema Larousse. 1994. “ Bilim ve Teknoloji “ . Milliyet Yayınları, 3. Cilt, sayfa 50 – 63.
- J.Sahade, G.E. McCluskey and Y. Kondo. 1993. “ The Realm of Interacting Binary Stars “ . 523.84-REA.
- Lewin,H.G.Walter, Jan Van Paradijs and Edward P.J.Van Den Heulvel. 1997. “ X – Ray Binaries “ . Cambridge Astrophysics Series, 523,841 – XRA .
- C.Sterken and C. Jaschek. 1996. “ Light Curves of Variable Stars “ 523,8442 – LIG – .
- Allen W. Shafter. 1994. “ Interacting Binary Stars “ . 523,84 – INT –
- C. Hoffmeister, G. Richter and W. Wenzel. 1984. “ Variable Stars “ . 523,844 – HOF
- C. Payne and Gaposchkin. 1957. “ The Galactic Novae “ . 523,8446-PAY
- Mauche W. Christopher. 1990. “ Accretion – Powered Compact “ 523,84 – NOR