

95790

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAZI YÜKSEK GENLİKLİ DELTA SCUTI YILDIZLARININ
FOTOMETRİK İNCELENMESİ

Serdar KOÇAK

ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA

2000

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Her hakkı saklıdır

Yrd. Doç. Dr. Zekeriya MÜYESSEROĞLU danışmanlığında, Serdar KOÇAK tarafından hazırlanan bu çalışma 05/07/2000 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Ümit KIZILOĞLU

İmza

Üye :Prof. Dr. İ.Ethem DERMAN

İmza

Üye :Yrd. Doç. Dr. Zekeriya MÜYESSEROĞLU

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Esmâ KILIÇ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAZI YÜKSEK GENLİKLİ DELTA SCUTI YILDIZLARININ FOTOMETRİK İNCELEMESİ

Serdar KOÇAK

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman : Yard. Doç. Dr. Zekeriya MÜYESSEROĞLU

Bu çalışmada, Hertzsprung-Russell diyagramının kararsızlık kuşağı olarak bilinen bölgesinde bulunan Delta Scuti türü yıldızlardan üç tanesinin fotometrik gözlemleri yapılmıştır. Işık eğrilerinde zonklamadan kaynaklanan tekil veya çoğul dönemli değişimlerin araştırılması amaçlanmıştır. Gözlemler TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG)'nde bulunan 40 cm'lik Cassegrain teleskobu ile geniş band olarak sadece iki renkte (B, V) yapılmıştır.

Gözlemlere ve sonuçlarına geçmeden önce zonklama ve nedenleri üzerinde durulmuştur. Zonklama yapan yıldızların sahip olabilecekleri temel ve olası zonklama mekanizmaları ile bu gruba giren yıldız türlerinin genel özellikleri ele alınmıştır. Delta Scuti yıldızlarının genel özelliklerinden detaylı olarak söz edilmiştir. Ayrıca Delta Scuti yıldızlarının yer aldığı Garcia et al. (1995) tarafından hazırlanan bir katalog ile dönem analizinde kullanılan programlar ek olarak sunulmuştur.

Fotometrik gözlem için seçilen Delta Scuti türü yıldızlar DQ Cephei, CN Draconis ve V620 Herculis'dir. Bu yıldızların hepsinin ışık eğrilerinin genlikleri zamanla değişim göstermektedir. DQ Cep ve CN Dra yıldızlarının gözlem verileri dönem analizi yapmaya olanak vermiştir. Diğer yıldız V620 Her'in fotometrik gözlemlerinin indirgenmesi sırasında literatürden seçilen denet yıldızından şüphelenilmiş ve bu yıldızın gözlem verileri analiz edilmemiştir. Yapılan analizler sonucu DQ Cephei yıldızının gözlem verileri iki ayrı frekansla temsil edilmiştir. CN Draconis yıldızının üç frekans ile zonklama yaptığı sonucuna varılmıştır.

2000, 118 sayfa

Anahtar Kelimeler: Delta Scuti, CN Dra, DQ Cep, zonklama mekanizmaları, kararsızlık kuşağı, dönem analizi, katalog

ABSTRACT

Masters Thesis

A STUDY OF PHOTOMETRIC OBSERVATIONS OF SOME HIGH AMPLITUDE DELTA SCUTI STARS

Serdar KOÇAK

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Astronomy and Space Science

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Zekeriya MÜYESSEROĞLU

In this work, photometric observations of the three members of Delta Scuti stars which are short-period pulsators and situated at the beginning of the instability strip in HR diagram have been done. The aim is to determine their single or multiple pulsating periods by using their light curves. Observations of these stars have been carried out with 40 cm telescope of TÜBİTAK National Observatory and based on their broad band B, V.

Before mentioning observations and results, pulsating and its causes are considered. Basic and probable mechanism of pulsating stars and main properties of this kind of stars are discussed. General properties of Delta Scuti stars are explained in detail. A catalogue which is prepared from Garcia et al. (1995) and period analyse programs are given in additional.

Delta Scuti type stars for observation are DQ Cep, CN Dra and V620 Her. For all of them amplitude of light curves are changing in a short period of time. Observed and reduced data of DQ Cep and CN Dra are sufficient to analyse their periods. While reducing the observation of the star V620 Her, although check star of V620 Her is chosen from literature, its data are not analysed because of getting suspicious from the check star. As a result, for DQ Cep and CN Dra respectively two and three periods are obtained.

2000, 118 pages

Key Words: Delta Scuti, CN Dra, DQ Cep, pulsating mechanism, instability strip, period analyse, catalogue

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışması olarak belirlenen bu araştırma, kararsızlık kuşağının alt kısmında bulunan cüce Cepheid'ler ailesinin iki üyesinden biri olan Delta Scuti türü değişen yıldızlardan, yüksek genlikli olanlarının üç tanesi seçilerek fotometrik gözlemleri sonucunda elde edilen ışık eğrilerinden dönem analizlerinin yapılmasına yönelik bir çalışmadır.

Bana araştırma olanağı sağlayan ve çalışmamın her safhasında yakın ilgi ve önerileri ile beni yönlendiren danışman hocam, Sayın Yard. Doç. Dr. Zekeriya MÜYESSEROĞLU (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi)'na, ikinci bir danışman gibi benden yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Doç. Dr. M. Can AKAN (Ege Üniversitesi Fen Fakültesi)'a, fotometrik gözlemler sırasında her zaman birlikte çalıştığımız arkadaşım Sayın Araş. Gör. Hasan AK (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi)'a ve eşim Sayın Gülden KOÇAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Serdar KOÇAK
Ankara, Haziran 2000

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
1. 1. Zonklayan Yıldızlar.....	1
1. 1. 1. Zonklamaların doğası ve dönem – yoğunluk ilişkisi.....	3
1. 1. 2. Zonklama mekanizmaları.....	8
1. 1. 3. Zonklama yapan yıldızların türleri.....	12
1. 2. Delta Scuti Yıldızlarının Özellikleri.....	14
1. 3. Delta Scuti Yıldızlarında Tekil ve Çoğul Dönemler.....	18
1. 3. 1. Delta Scuti yıldızlarında tekil dönemler.....	22
1. 3. 2. Delta Scuti yıldızlarında çoğul dönemler.....	22
1. 3. 2. 1. Çoğul dönemli radyal zonklama yapan Delta Scuti yıldızları.....	24
1. 3. 2. 2. Çoğul dönemli radyal olmayan zonklama yapan Delta Scuti yıldızları.....	25
1. 3. 3. Değişen dönemli zonklama yapan Delta Scuti yıldızları.....	27
1. 4. Delta Scuti Yıldızlarında Dönem Değişimi ve Evrimleri.....	28
1. 5. Zonklama Üzerine Etkisi Olan Fiziksel Parametreler.....	29
1. 5. 1. Dönme hızı.....	30
1. 5. 2. Metal bolluğu.....	30
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	35
2.1. CN Draconis.....	35
2.2. DQ Cephei.....	35
2.3. V620 Herculis.....	37
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	38
3.1. Materyal.....	38
3.1.1. Delta Scuti türü üç yıldızın özellikleri.....	38
3.1.2. Gözlemlerin indirgenmesi.....	38
3.1.3. Işık eğrileri.....	42
3.1.3.1. CN Draconis.....	42
3.1.3.2. DQ Cephei.....	51
3.1.3.3. V620 Herculis.....	56
3.2. Yöntem.....	56
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	63
4.1. DQ Cephei.....	63
4.2. CN Draconis.....	70
4.3. V620 Herculis.....	81
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	90
KAYNAKLAR.....	95
EKLER.....	99
EK 1.....	101
EK 2.....	105

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İki ucu duvarda sabit ipi ve durumlarını gösteren temsili durum.....	3
Şekil 1.2. δ Cephei'nin görsel parlaklık, etkin sıcaklık, tayf türü ve dikine hızlarının gözlenen değişimlerinin evrenin fonksiyonu olarak gösterimi.....	7
Şekil 1.3. Stellingwerf Bump'ını gösteren sabit yoğunluk için donukluğun sıcaklığa göre değişimi.....	10
Şekil 1.4. Zonklayan yıldızların farklı türlerinin H-R diyagramındaki yerleri.....	13
Şekil 1.5. Hertzsprung – Russell diyagramı.....	15
Şekil 1.6. Delta Scuti yıldızlarının H-R diyagramındaki yerleri.....	17
Şekil 1.7. Gözlenen genlik değerlerini gösteren histogram.....	18
Şekil 1.8. AD Cmi ve BN Cnc'nin ışık eğrileri.....	19
Şekil 1.9. Dönemlerin parlaklıklar ile karşılaştırılması (Breger 1979).....	21
Şekil 1.10. Dönemlerin parlaklıklarla karşılaştırılması (Irkæev ve Frolov 1984).....	22
Şekil 1.11. Anormal tayflara sahip oldukları bilinen yıldızlarda değişebilirlik.....	32
Şekil 1.12. Normal tayflara sahip oldukları bilinen yıldızlarda değişebilirlik.....	33
Şekil 3.1. CN Draconis'in 14/15 Ağustos 1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi.....	43
Şekil 3.2. CN Draconis'in 14/15 Ağustos 1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi.....	44
Şekil 3.3. CN Draconis'in 15/16 Ağustos 1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi.....	45
Şekil 3.4. CN Draconis'in 15/16 Ağustos 1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi.....	46
Şekil 3.5. CN Draconis'in 16/17 Ağustos 1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi.....	47
Şekil 3.6. CN Draconis'in 16/17 Ağustos 1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi.....	48
Şekil 3.7. CN Draconis'in 17/18 Ağustos 1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi.....	49
Şekil 3.8. CN Draconis'in 17/18 Ağustos 1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi.....	50
Şekil 3.9. DQ Cephei'nin 22/23 Temmuz 1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi.....	52
Şekil 3.10. DQ Cephei'nin 22/23 Temmuz 1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi.....	53
Şekil 3.11. DQ Cephei'nin 18/19 Ağustos 1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi.....	54
Şekil 3.12. DQ Cephei'nin 18/19 Ağustos 1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi.....	55
Şekil 3.13. V620 Herculis'in 20/21 Temmuz 1999 tarihinde v bandındaki ışık eğrisi.....	57
Şekil 3.14. V620 Herculis'in 20/21 Temmuz 1999 tarihinde b bandındaki ışık eğrisi.....	58

Şekil 3.15. V620 Herculis'in 23/24 Temmuz 1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi.....	59
Şekil 3.16. V620 Herculis'in 23/24 Temmuz 1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi.....	60
Şekil 4.1. DQ Cephei'nin birinci frekansını gösteren genlik spektrumu.....	65
Şekil 4.2. DQ Cephei'nin ikinci frekansını gösteren genlik spektrumu.....	66
Şekil 4.3. DQ Cephei'ye ait birinci frekans gösteren genlik spektrumu ve alt limit değeri.....	67
Şekil 4.4. DQ Cephei'ye ait ikinci frekans gösteren genlik spektrumu ve alt limit değeri.....	68
Şekil 4.5. DQ Cephei'ye ait üçüncü bir frekans olmadığını gösteren genlik spektrumu ve alt limit değeri.....	69
Şekil 4.6. DQ Cephei'nin 22-07-1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi ile hesaplanan eğrinin karşılaştırılması.....	71
Şekil 4.7. DQ Cephei'nin 22-07-1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi ile hesaplanan eğrinin karşılaştırılması.....	72
Şekil 4.8. DQ Cephei'nin 18-08-1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi ile hesaplanan eğrinin karşılaştırılması.....	73
Şekil 4.9. DQ Cephei'nin 18-08-1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi ile hesaplanan eğrinin karşılaştırılması.....	74
Şekil 4.10. DQ Cephei'nin iki frekansının genlik değerlerinin zamana göre değişimi.....	75
Şekil 4.11. CN Draconis'in birinci frekansına ait genlik spektrumu ve alt limit değeri.....	77
Şekil 4.12. CN Draconis'in ikinci frekansına ait genlik spektrumu ve alt limit değeri.....	78
Şekil 4.13. CN Draconis'in üçüncü frekansına ait genlik spektrumu ve alt limit değeri.....	79
Şekil 4.14. CN Draconis'e ait dördüncü bir frekansın bulunmadığını gösteren genlik spektrumu ve alt limit değeri.....	80
Şekil 4.15. CN Draconis'in 14-08-1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi ile hesaplanan eğrinin karşılaştırılması.....	

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Tekil ve çoğul dönemli değişenlere bazı örnekler.....	23
Çizelge 1.2. Tipik bir Delta Scuti yıldızı için radyal Q değerleri ve dönem oranları (Breger 1979).....	24
Çizelge 1.3. Tipik bir Delta Scuti yıldızı için radyal Q değerleri ve dönem oranları (Stellingwerf 1979).....	24
Çizelge 1.4. Populasyon I Delta Scuti yıldızlarının bazı özellikleri.....	28
Çizelge 1.5. Zonklama ve dönme arasındaki ilişki.....	31
Çizelge 1.6. Metal çizgili yıldızlar.....	31
Çizelge 3.1. Seçilen yıldızların bazı özellikleri.....	39
Çizelge 3.2. Değişen, mukayese ve denet yıldızlarına ilişkin bilgiler.....	40
Çizelge 3.3. Gözlem tarihleri.....	41
Çizelge 3.4. Yapılan gözlemlere ait standart hata değerleri.....	41
Çizelge 3.5. CN Draconis'in B bandındaki ışık eğrilerine ilişkin değerler.....	42
Çizelge 3.6. CN Draconis'in V bandındaki ışık eğrilerine ilişkin değerler.....	42
Çizelge 3.7. DQ Cephei'nin B bandındaki ışık eğrilerine ilişkin değerler.....	51
Çizelge 3.8. DQ Cephei'nin V bandındaki ışık eğrilerine ilişkin değerler.....	51
Çizelge 4.1. DQ Cephei'nin dönem analizinde elde edilen değerler.....	63
Çizelge 4.2. Elde edilen frekanslara ait hata değerleri.....	63
Çizelge 4.3. CN Draconis'in dönem analizinde elde edilen değerler.....	76
Çizelge 5.1. CN Draconis yıldızı için yapılan önceki çalışmalar.....	91
Çizelge 5.2. CN Draconis yıldızı için elde edilen dönem değerlerinin karşılaştırılması.....	92
Çizelge 5.3. DQ Cephei üzerine yapılan çalışmaların karşılaştırılması.....	93

1. GİRİŞ

1. 1. Zonklayan Yıldızlar

İç bölgelerinde büyük ölçekli dinamik hareketlerin yer aldığı yıldızlara zonklayan yani zonklama yapan yıldızlar denir. En basit zonklama çeşidi radyal zonklamadır. Radyal zonklamada yıldız küresel yapısını daima korur. Radyal olmayan zonklamada ise durum tamamen farklıdır.

Değişen yıldızların belirli türlerinde ışık değişimlerinin, yıldızın dönemli veya yarı dönemli olarak genişlemesi ve büzülmesi ile ortaya çıktığı fikri Shapley (1914)'in çalışmalarına kadar uzanır. Zonklama ile ilgili matematiksel temellerin atılması ise Eddington (1918 a, b)'a dayanır. Bu tarihten sonra zonklama hipotezi yaygın olarak kabul edilmiştir. Zonklama yapan yıldızlar üzerinde yapılan hem kuramsal hem de gözlemsel çalışmalar, yıldız yapılarının anlaşılmasında önemli gelişmelere yol açmıştır. En iyi bilinen türler arasında yer alan klasik Cepheid'ler ile ilgili gözlemsel çalışmaların yol açtığı en önemli bulguların başında “ *dönem-parlaklık* ” bağıntısı gelmektedir. Bu bağıntı yardımı ile galaksilerin uzaklıklarını belirleyebiliyoruz. Cepheid'lerin mutlak parlaklıkları yaklaşık 0^m değerindedir. Herhangi bir galakside bulunan bir Cepheid'in astronomik gözlemlerinden görünen parlaklığı kolaylık ile bulunabilir. Cepheid, içinde bulunduğu galaksinin uzaklığı ile aynı uzaklıkta kabul edilebilir. O halde aşağıdaki uzaklık modülü yardımı ile galaksinin uzaklığı rahatlıkla bulunabilir.

$$M - m = 5 - 5 \log d$$

Değişen yıldız kavramının en genel tanımı, fiziksel ve geometrik özellikleri zaman ile değişen yıldız demektir. Bu tanıma göre tüm yıldızlar değişen sayılabilir. Fiziksel özellikleri saniyenin kesri, birkaç saniye, gün, yıl ya da birkaç on yıl süresinde değişen yıldızlar söz konusudur. Bunlardan daha kısa veya daha uzun zaman dilimlerinde değişimler olabilir ancak bu tür durumlarda yıldızlarda olan değişimi belirleyememe sorunu ortaya çıkar.

Bir değişen yıldızın en kolay belirlenebilen özelliği onun sahip olduğu gözlenen parlaklığıdır. Bu tür yıldızların birçoğu gerçekten de parlaklıklarındaki değişimler nedeni ile bulunmuşlardır. Tayf türü, renk, dikine hız gibi diğer gözlenebilen özellikler de ışık değişimine bağlı olarak değişirler.

Zonklamalar tahmin edilebileceği gibi yıldızların denge özellikleri ile ilgilidir. Bunun için hidrostatik denge gözönüne alınmalıdır. Hidrostatik denge denklemi (Tayler, R. J. 1970),

$$dp / dr = - G M \rho / r^2$$

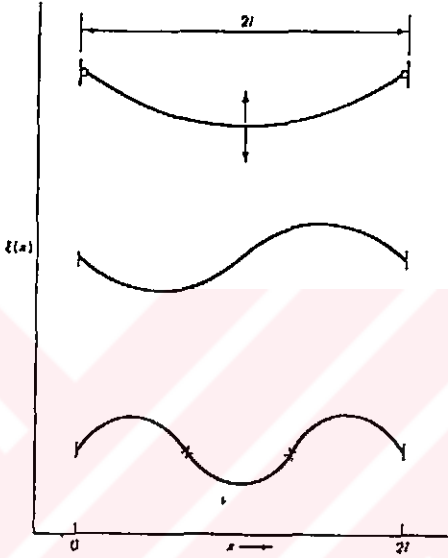
şeklindedir.

Bu denklemde, G; genel çekim sabiti, M; yıldızın kütlesi, ρ ; yıldızın yoğunluğu, r; yıldızın yarıçapı, p; yıldızın sahip olduğu basınçtır. Bu denklemde bulunan M, ρ , r değerleri birbirlerinden bağımsız değildirler, çünkü r yarıçaplı bir küre içindeki kütle yine r yarıçaplı olan noktalardaki madde yoğunluğu ile tayin edilir. Bu denklemin çıkarılışında bir yıldız içinde herhangi bir kütle elementine etkiyen kuvvetlerin birbirini tam olarak dengelediği kabul edilir. Oysa, bir yıldız yaşamı boyunca bir dizi genişleme ve büzölmeye uğrar. Böyle zamanlarda bu denklem tam olarak doğru değildir.

Zonklama yapan yıldızlar, hidrostatik denge denklemi koşuluna uymadıkları için zonklama yaparlar. Bir başka deyişle yıldızın iç bölgelerinde kuvvet dengesi sağlanamamakta ve bölgesel ivmelenmeler yıldız maddesini harekete zorlamaktadır.

1. 1. 1. Zonklamaların doğası ve dönem – yoğunluk ilişkisi

Yıldızların sahip oldukları zonklama frekansları onların eigen (öz) frekanslarıdır. Bu frekanslar, her iki ucundan iki sabit duvara bağlanmış $2l$ uzunluğundaki bir ipin sahip olduğu eigen frekanslara benzer (şekil 1.1.).



Şekil 1.1. İki ucu duvarda sabit ipi ve durumlarının gösteren temsili durum

Eğer bu ipi orta noktasından giderek artan sıklıkla çekip bırakırsak verilen bir v_0 frekansı için her defasında çok az bir enerji gerektiren bir dalga elde ederiz. v_0 frekansından daha farklı diğer frekanslar için sönmülenen dalgalar elde edilir. Buradaki v_0 frekansı ipin eigen frekansıdır. Eğer frekansı arttıracak olursak $v_1=2v_0$ gibi bir frekansa gelinceye kadar tekrar sönmülenen türden dalgalar elde ederiz. v_1 frekansı ipin ortasında tek bir düğüme sahiptir. Bu dalgayı uyartabilmek için ipi duvardan itibaren $1 / (2l)$ uzaklığından çekmemiz gerekir. Eğer frekansı arttırmaya devam edersek $v_2 = 3v_0$ gibi bir frekans da sözkonusu olur ki bu frekans iki düğüme sahiptir. Böylesi sönmülenmeyen türden dalgalar elde etmek için ipin her iki ucundaki (duvar) sınır koşulları sağlanmalıdır. Yani, ipin duvara bağlı uçlarında genlik sıfır olmalıdır. Sınır koşuluna bağlı olarak ip üzerinde hareket eden dalga duvarda yansıtılır ve geri döner. Duvara doğru giden

dalga ile yansıtılan dalga aynı evrede ise sönmülmeyen türden bir dalgadan söz edilebilir. Eğer bu iki dalga aynı evrede değil ise birbirlerini sönmümlendirirler. Böylesi dalgaları sürdürülebilmek için sürekli enerji girdisi gerekir.

Yukarıda söz edilen v_0 frekansı temel (fundamental) eigen frekansı olup, $P_0 = 1 / v_0$ temel dönemdir. v_1 , birinci harmonik ve v_2 ise ikinci harmoniktir.

Zonklama yapan bir yıldızda bir bakıma biraz önce ele aldığımız ip gibi davranır. İp durumunda titreşimlerin sürmesini sağlayan geri getirici kuvvet (restoring force) ip içerisindeki gerilimler iken, yıldız durumunda bu olayı basınç veya çekim kuvvetleri yapar. İp içerisindeki gerilimler dalganın evre hızını belirler iken, yıldızda dalganın evre hızını (ses hızı) basınç kuvvetleri belirler. Küresel simetrik bir biçimde zonklama yapan bir yıldızda tüm doğrultulardan gelen dalgalar merkezde buluşurlar ve geri yansıtılırlar. Dalganın yer değiştirme genliği, ψ_0 , merkezde sıfırdır (ipin duvara bağlı yerlerinde olduğu gibi). Öte yandan yıldızın yüzeyinde bu genlik büyüktür (ip ortasında olduğu gibi). Yıldızın yüzeyi ip için $x = l$ noktasına karşılıktır.

Zonklama yapan bir yıldızda radyal temel mod, o yıldızın yapısı ile ilişkili olarak sahip olabileceği en uzun dönemli (en küçük frekanslı) moddur. Mod, belli bir dönemi ve genliği olan bir dalgayı temsil etmektedir. Radyal temel modun dönemi, ses dalgasının (akustik dalga) yıldızın yüzeyinden merkezine gidip tekrar yüzeye dönmesi için gereken süre eivandır ve (1) denklemi ile ifade edilebilir.

$$P \sim 2R / C_s \quad (1)$$

Burada R; yıldızın yarıçapı, C_s , ortamdaki ses hızıdır. Ses hızı,

$$C_s = (\gamma P_g / \rho)^{1/2} \quad (2)$$

ile ifade edilir. Bu denklemden γ özgül ısılar oranı olup,

$$\gamma = C_p / C_v \quad (3)$$

ile ifade edilir. Sırası ile C_p ve C_v , sabit basınç ve sabit hacim altındaki özgül ısılardır. Yıldızın içinde verilen her noktada basınç kuvvetleri, üzerindeki maddenin ağırlığını dengelemek durumundadır. Yıldızın merkezi için şu bağıntı yazılabilir,

$$P_g \approx \rho_{ort} R g_{ort} \approx \rho_{ort} R (GM/R^2) = \rho_{ort} GM/R \quad (4)$$

Buna bağlı olarak,

$$P_g / \rho_{ort} = GM / R \quad (5)$$

yazılabilir.

Burada G ; genel çekim sabiti, M ; yıldızın kütlesi, ρ_{ort} ; yıldızın ortalama yoğunluğu ve $\rho_{ort}R$ ise yıldızın merkezinden yüzeyine 1 cm^2 'lik kesitli bir kolon içerisindeki kütledir. Bu bağıntılardan (1), (2) ve (5) denklemleri kullanılarak,

$$P (\rho_{ort}/\rho_{ort_0})^{1/2} = Q \text{ (sabit)} \quad (6)$$

elde edilir. Burada Q , zonklama sabitidir.

Bu denklemin çıkarılışı ile ilgili detaylar Cox (1980) tarafından verilmiştir. Bu denklem (dönem-yoğunluk) yardımı ile Cepheid yıldızlarındaki dönem-parlaklık bağıntısını anlamak kolaydır. Yıldızın yarıçapı ne derece büyük ise parlaklığı da o derece büyük, yoğunluğu az olacak ve bu nedenle de (6)

bağıntısı gereğince zonklama dönemi büyük olacaktır. Yıldızın yarıçapı büyüyünce dalganın yıldızın merkezine gidip gelmesi daha uzun zaman alır. Kuramsal olarak bakılınca gözlenen dönem-parlaklık bağıntısı aslında dönem-yoğunluk bağıntısıdır.

Yıldızlarda dalgaların evre hızı, yani ses hızı sıcaklıkla $c_s \propto \sqrt{T}$ şeklinde ilişkili olduğundan yıldızın farklı bölgelerinde farklıdır. Dolayısıyla dönem uzunluğu ile ölçülen gidip gelme zamanı yıldızdaki sıcaklık tabakalaşmasına bağlıdır. Bunun anlamı (6) denklemindeki Q değerinin sıcaklık tabakalaşmasına bağlı olduğudur. Q değerleri, farklı yıldızlarda farklılık gösteren adyabatik olmayan etkilere de bağlıdır. Farklı parlaklığa sahip zonklama yapan yıldızlarda Q sabiti 0.01 - 0.09 arasında değişir. Helyum yıldızları için bu değerler farklıdır.

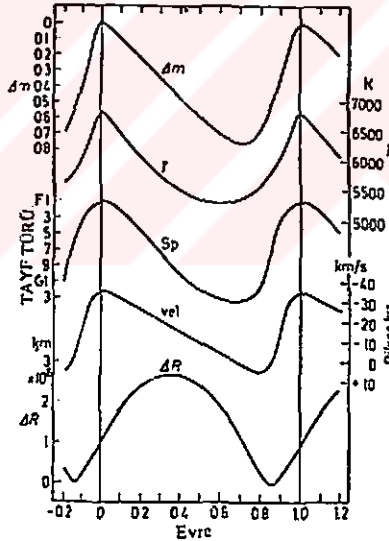
Yıldızın denge durumu bir biçimde bozulduğu zaman basınç ve çekim kuvvetlerinin etkileri ile yıldız, bir sarkaç hareketine benzer biçimde dönemli olarak şişip büzülür. Yıldız en küçük yarıçapına ulaştığı zaman basınç kuvvetleri onu şişirmeye zorlamakta ve en büyük yarıçapına ulaştığı zaman da çekim kuvveti onu büzülmeye zorlamaktadır. Zonklamalar ortamda her zaman varolan tedirginliklerle başlamakta, genlik belirli bir değerde sabit kalıncaya dek yıldız genliğini büyütürken zonklama yapmaktadır. Yıldız her bir zonklama çevrimi içerisinde bir kez şişerken bir kez de büzülürken olmak üzere iki kez denge yarıçapından (r_0) geçer. Denge yarıçapına ulaştığı her defasında sahip olduğu momentum nedeni ile duramamakta ve hareketine yavaşlayarak devam etmektedir.

Zonklamalar sırasında eğer farklı katmanlar arasında enerji aktarımı olmasa idi bir kez başlamış olan zonklamaların sonsuza dek sürmesi gerekirdi. Yine bu durumda yıldızın sıcaklığı minimum yarıçapta en büyük, maksimum yarıçapta en küçük değerine ulaşacaktır. Böylesi zonklamalar adyabatik zonklamalar olarak adlandırılırlar. Ancak bilindiği gibi Cepheid yıldızlarında gözlenen parlaklık ve dikine hız değişimleri zonklamaların adyabatik olmadığına işaretler. δ Cephei için evrenin fonksiyonu olarak görsel parlaklık, etkin sıcaklık, tayf türü ve dikine hızlarının gözlenen değişimleri şekil 1.2.'de gösterilmektedir. Aynı şeklin en altında ise zonklamadan kaynaklanan dikine hızların integrasyonu ile elde edilen

yarıçaptaki değişimler görülmektedir. Yarıçapın, en büyük ve en küçük parlaklıklarda hemen hemen aynı olduğu görülmektedir.

Buna göre yıldız (Cepheid) maksimum parlaklığına genişleme sürecinde, denge yarıçapından geçerken, minimum parlaklığına ise büzülme sürecinde yine denge yarıçapından geçerken ulaşmaktadır. Bu durumda zonklamaların sönmülmesi gerekmektedir, çünkü enerji kayıpları T^4 ile orantılıdır. Yıldız yüksek sıcaklık evresinde daha fazla enerji kaybetmektedir.

Bu enerji kayıpları sıcaklığı düşürecek ve yıldızın tekrar şişebilmesi için gereken basınç da azalacaktır. Buna bağlı olarak "geri getirici kuvvet" de azalacak ve yıldız bir önceki çevriminde ulaştığı yarıçapına ulaşamayacaktır. Bu nedenle eğer her bir çevrimde ek bir itme uygulanmaz ise zonklamalar sönmülmesi zorundadır. Zonklamaların çok uzun süre devam edebilmesi için maksimum sıkışma evresinden kısa bir süre sonra, yıldız genişlerken, ek bir enerji girişi mutlaka sağlanmalıdır. Bu yolla geri getirici kuvvet yani basınç artırılmalıdır.



Şekil 1.2. δ Cephei'nin görsel parlaklık, etkin sıcaklık, tayf türü ve dikine hızlarının gözlenen değişimlerinin evrenin fonksiyonu olarak gösterimi (Becker 1950)

İlk kez Zhevakin (1959) tarafından belirtilen κ soğurma katsayısının sıcaklık ve basınca bağlılığı, bu yıldızlarda zonklamaların çok uzun süreler devam etmesini sağlayan enerji girdisini sağlamaktadır. Bu enerji, ısınım akısından çekilip alınmaktadır. Bu sürecin ayrıntıları Baker ve Kippenhahn (1962) tarafından ilk kez ortaya konulmuştur. Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda κ değerinin helyum iyonizasyon bölgesinin altında, maksimum sıkışmada en küçük değerine ulaştığı görülmüştür. Helyum iyonlaşma bölgesi ve onun üzerindeki katmanlarda ise maksimum sıkışmada κ en büyük değerine ulaşmaktadır (Cox et al. 1966).

Yıldız içerisinde çeşitli derinliklerde hidrojen veya helyum iyonlaşma bölgeleri yer almaktadır. Delta Scuti türü zonklamaların nedenleri bu iki tür iyonlaşma bölgelerinin varlığında aranmalıdır. Sıkışma evresinde bu bölgelerde κ değerinin yükselmesi üzerine, merkezden gelen enerji üst katmanlara rahatça geçememekte ve bu bölgelerde tutularak bölgenin sıcaklığı artmaktadır. Isınma üzerine basıncı artan katman zaten şişmeye başlamış olan yıldız ek bir itme kuvveti sağlamaktadır. Bu olay her bir çevrimde yinelenerek yıldızın zonklamalarının sönmülmmeden sürmesini sağlar. Bu tür yıldızların zonklama yapmasını açıklayan en uygun mekanizma budur. Temel zonklama mekanizması olarak kabul edilen bu mekanizmaya "*Kappa Mekanizması*" adı verilir.

Eğer sözkonusu iyonlaşma katmanı fazla derinde yer alıyor ise üzerindeki büyük kütleyi itemeyeceği için zonklamalar sönmülenecektir. O nedenle bu katmanın uygun bir derinlikte yer alması gerekmektedir. Bu kritik bölge için $x = r / R \cong 0.75$ 'dir. Bu bölge yıldızın zonklama döneminin belirlendiği yer olup sıcaklığı 4×10^4 K civarındadır.

1. 1. 2. Zonklama mekanizmaları

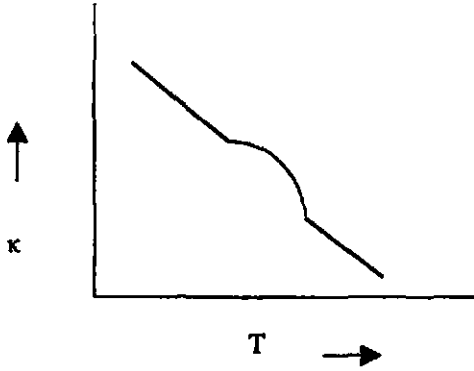
Temel zonklama mekanizması olarak kapp (κ) mekanizması üzerinde durulmuştur. Kappa mekanizmasından başka zonklama mekanizmalarından da söz etmek mümkündür. Cox (1985), değişen yıldızlarda meydana gelebilecek zonklama mekanizmalarını sekiz ana başlık altında toplamıştır.

1- Zarf iyonlaşma mekanizmaları : İyonlaşmada etkin elementler He^+ , He, H, C, O olarak alınmaktadır. Zarf iyonlaşma mekanizmaları da kapa, gamma ve r mekanizmaları olarak üçe ayrılır. Kapa mekanizması üzerinde önceden durmuştuk. Gamma mekanizması da kapa mekanizmasına benzemekle birlikte sıkışmaya uğrayan katmanların görelî soğukluğu, bu katmanların daha az ışınım yapmalarına neden olur. Sıkışma üzerine ışınımın azalması gamma mekanizması olarak adlandırılmıştır (Cox et al. 1966). Sıkışma ile yıldızın ışınım yapan toplam yüzeyi azalacağından ışınımın bir bölümü yıldız içerisinde tutulacaktır. Bu etki de kararsızlığa katkıda bulunur ve r mekanizması olarak adlandırılır (Baker 1966).

2- Epsilon (ϵ) mekanizması : Termonükleer tepkimelerin uyartma etkisine dayanan mekanizmadır. Epsilon mekanizmasının etkisi genel olarak başlamakla birlikte kararsızlığı oluşturmada az da olsa bir katkısı vardır. Sıkışma ile sıcaklık artacağından daha fazla termonükleer enerji üretilebilir. Bu enerji hemen taşınmaz ise yerel madde tarafından soğurulabilir ki bu da yerel sıcaklığı artırır. Böylece yıldız zonklama yapmaya başlar. Bu mekanizma anakol gelişimini tamamlamış, kabukta hidrojen yakan yıldızlar için geçerlidir.

3- Stellingwerf-Bump mekanizması : Yıldız atmosferinde enerjinin taşınımı donukluğun özelliklerine bağlıdır. Belli bir yoğunluk için donukluk sıcaklığa göre işaretlendiğinde, donukluğun azalmasının sıcaklığın belli bir değerinde yavaşladığı görülür (şekil 1.3.).

Donukluktaki bu değişme yıldız sıkıştığında bu sıcaklığa sahip olan bölgenin, altındaki ya da üstündeki bölgelere göre daha az ışınım yapacağını gösterir. Bu atma, yoğunluğa çok duyarlı olmayıp genellikle 1.5×10^5 K sıcaklığında ortaya çıkar. Dolayısı ile donukluktaki bu değişiklik yıldızlarda bir kararsızlık doğurur. Stellingwerf (1978a, 1979) tarafından önerilen ve Pesnell (1983) tarafından da ayrıntılı olarak incelenen bu mekanizma daha çok β Cephei yıldızlarını açıklamak için önerilmiştir.



Şekil 1.3. Stellingwerf Bump'ını gösteren sabit yoğunluk için donukluğun sıcaklığa göre değişimi (Cox 1985)

4- Kato kararsız konveksiyonu : Bir yıldız içerisinde ortalama molekül ağırlığı gradyentinin bulunduğu yerde kararsız konveksiyon oluşabilir (Kato 1966). Konvektif olarak kararlı bir bölgede yüzeye doğru hareket eden madde elementinin yoğunluğu çevresine göre daha büyük olacağından bu element bütülmeye uğrayacaktır. Adyabatik sıcaklık gradyentinin olduğu bölgede yükselen element çevresine göre daha sıcak olacağından sıcaklığının bir kısmını çevresine verecektir. Isı kaybeden elementin yoğunluğu daha da artacak ve ısı kaybetmemesi durumuna göre aşağıya doğru daha hızlı çökecektir. Benzer olarak çöken element adyabatik durumdakine göre daha hızlı yükselir. Bu adyabatik olmayan etkilerin sonucu, salınım hareketinin genliği düzenli olarak artar. Bir madde elementinin düzenli olarak artan bu salınım hareketine kararsız konveksiyon denir. Konvektif elementler yeterince kütle içeriyorsa, büyük kütleli bir yıldızın konvektif çekirdeğindeki bu konvektif elementler bazı kararsızlıklar oluşturabilir. Bu kararsızlığın yıldızın tümünü kararsız duruma getirecek kadar güçlü olmadığını Shibahashi ve Osaki (1976) bulmuşlardır. Sonuç olarak β Cephei yıldızlarının zonklama yapmasını bu tür davranışın doğurabileceğini savunan Percy (1970)'ye rağmen bu mekanizma zonklamayı açıklamada yetersizdir.

5-) Shibahashi kararsız manyetik konveksiyonu : Hızlı salınım yapan Ap yıldızlarında gözlenen salınımları açıklamak için Shibahashi (1983)

tarafından manyetik kararsızlık mekanizması önerilmiştir. Konvektif olarak kararsız bir bölge ile kuvvetli manyetik alanın varlığı kararsız salınımları doğurmaktadır. Plazma içerisindeki manyetik alan çizgileri plazmaya bağlı maddesel, esnek ipler gibi davranır. Manyetik alan çizgileri düzgün kalmaya çalışırken konveksiyon bu çizgileri hareket ettirmeye zorlar. Bu manyetik kuvvetler yer değiştirmiş elementin eski konumuna dönmesine katkıda bulunur. Yıldız içerisinde adyabatik bir bölgede yüzdürme kuvveti, maddenin yer değiştirme yönü ile aynıdır. Manyetik alan olmadığında böyle bir bölge konvektif olarak dengede olamaz. Yükselen bir kütle elementi çevresine göre daha sıcak olacak ve çevresine ısı verecektir. Böylece yüzdürme kuvveti zamanla azalacaktır. Buna rağmen maddeyi eski konumuna getirmek için gerekli olan kuvvete manyetik olarak gelen ek katkı zamanla çok az değişecektir. Sonuç olarak madde üzerine etkiyen net düzenleyici kuvvetler (yüzdürücü ve manyetik) zamanla değişerek büyüyecek ve kararsızlığa neden olacaktır.

Bu tür kararsızlığın gelişim zamanı bir yıldan kısadır. Ayrıca bu mekanizma ile oluşan salınım dönemlerinin dakika mertebesinde olacağı Kurtz (1982) tarafından önerilmiştir.

6-) **Osaki kararsız konveksiyonu** : Bir yıldızda konvektif bölgenin dönmesinden dolayı Coriolis kuvvetleri yolu ile alçalan ya da yükselen bir element aşağı - yukarı hareket yerine yançapa dik doğrultuda hareket edecektir. Bu yatay salınım hareketinin dönemi konvektif bölgenin dönme dönemi ile belirlenir. Böylesi dönen konvektif bölgedeki konvektif elementler kararsız salınımlara neden olacaktır.

7-) **Çekimsel salınımlar** : Kato (1974) tarafından β Cephei yıldızlarının sahip oldukları anlaşılabilen zonklama mekanizmasını açıklamak için önerilen bu mekanizma, çift yıldız bileşenlerinin karşılıklı etkileşmesine dayanır.

8-) **Kelvin - Helmholtz kararsızlığı** : Ando (1981) tarafından β Cephei yıldızları için önerilen bu mekanizmanın çok hızlı dönen bir çekirdekle, yavaş dönen bir zarf arasındaki ince bir bölgede Kelvin - Helmholtz kararsızlığından ileri geldiği varsayılmaktadır. Bu ince bölgede Kelvin -

Helmholtz kararsızlığını doğuracak etkin bir germe kuvvetinin varlığı savunulmaktadır.

1. 1. 3. Zonklama yapan yıldızların türleri

Zonklama yapan yıldızlar, dikine hızlarının dönemli değişmelerinin eşlik ettiği dönemli parlaklık değişimi ile tanınırlar. Bu tür yıldızlar, zonklama yapmayan fakat dönen yıldızlar olan pulsarlar ile karıştırılmamalıdır. Zonklama yapan yıldızların çeşitli sınıfları ayırt edebilir. En çok rastlanılan tür, ışık değişim dönemleri bir kaç gün ile bir kaç hafta arasında olan δ Cephei yıldızlarıdır. Çok yaygın bir tür de, bu grubun bulunan ilk değişenin adı olan RR Lyrae yıldızlarıdır. RR Lyrae yıldızları yarım gün dolayında dönemlerle değişirler. Delta Scuti yıldızları kısa dönemli değişenlerin başka bir türüdür. Bunlar, daha uzun dönemli δ Cephei yıldızları gibi Populasyon I değişenleridir. δ Cephei yıldızları genellikle F ve G tayf türü üstdevler iken Delta Scuti yıldızları IV ve V parlaklık sınıfından A ve F yıldızlarıdır. RR Lyrae yıldızları genellikle küresel kümelerde bulunur ki dolayısıyla bunlar Populasyon II yıldızlarıdır.

δ Cephei yıldızlarının W Vir yıldızları olarak bilinen Populasyon II benzerleri de vardır. Bu türün bulunan ilk yıldızının adı W Vir olduğu için bu ad verilmiştir. Bu yıldızlar genellikle çok geniş ışık maksimumları göstermektedirler.

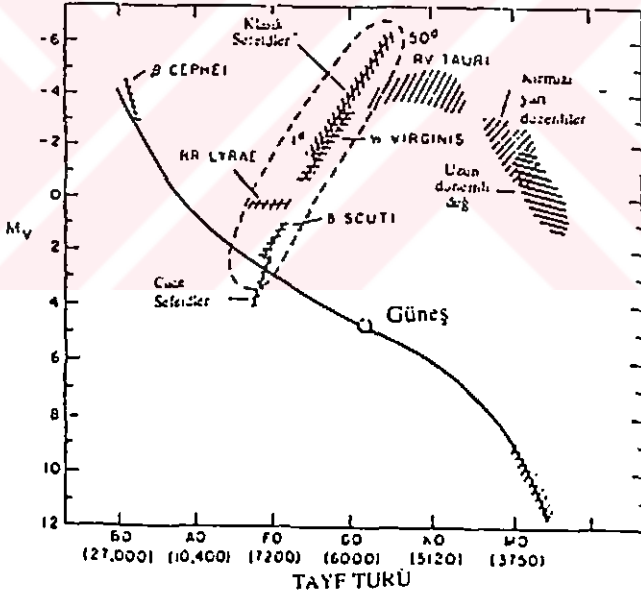
Bünyesel değişen yıldızların başka bir grubu da dönemleri bir kaç yıl yöresinde olan uzun dönemli değişenlerdir. Bunlar M tayf türünden çok parlak kırmızı devlerdir. Işık eğrileri diğer değişen yıldızlara göre çok farklıdır. Sahip oldukları ışık eğrileri düzenli değildir. H-R diyagramında Cepheid'lerle uzun dönemli değişenler arasında yer alan RV Tau yıldızlarının ışık değişimleri ise daha düzenlidir. Bünyesel değişen yıldızların farklı türlerinin tümünün H-R diyagramındaki konumları şekil 1.4.'de gösterilmektedir.

Değişen yıldızların en bol bulunan türleri (klasik Cepheid'ler, W Virginis yıldızları, RR Lyrae yıldızları ve cüce Cepheid'ler) H-R diyagramında

Cepheid kararsızlık kuşağı denilen köşegensel dar bir bant içerisinde bulunurlar. Bu bantın içerisindeki tüm yıldızlar zonklama yapan yıldızlardır ve zonklamalarını aynı mekanizmaya borçludurlar.

Bu tür değişenlerde yüzey içeriye ve dışarıya doğru hareket eder ve simetrik olarak zonklarlar. Simetrik olarak zonklama yapmayan değişen yıldız türleri de mevcuttur. Bu türlerde kutup bölgeleri içeriye doğru hareket ederken, ekvator bölgeleri dışarıya doğru hareket eder. Daha karmaşık durumlar da olasıdır. Bu türün en ünlü yıldızları β Cephei yıldızlarıdır. Bunlar B türü yıldızlar olup Cepheid kararsızlık kuşağının dışında kalırlar. Zonklamalarının nedenleri hala bilinmemektedir.

Birçok frekanslı zonklamaların üst üste gelmesi ile oluşan, çok karışık zonklama durumu gösteren ZZ Ceti yıldızları, beyaz cüceler grubudur ve kararsızlık kuşağının dışında yer alır.



Şekil 1.4. Zonklayan yıldızların farklı türlerinin H-R diyagramındaki yerleri (Cox 1980)

1. 2. Delta Scuti Yıldızlarının Özellikleri

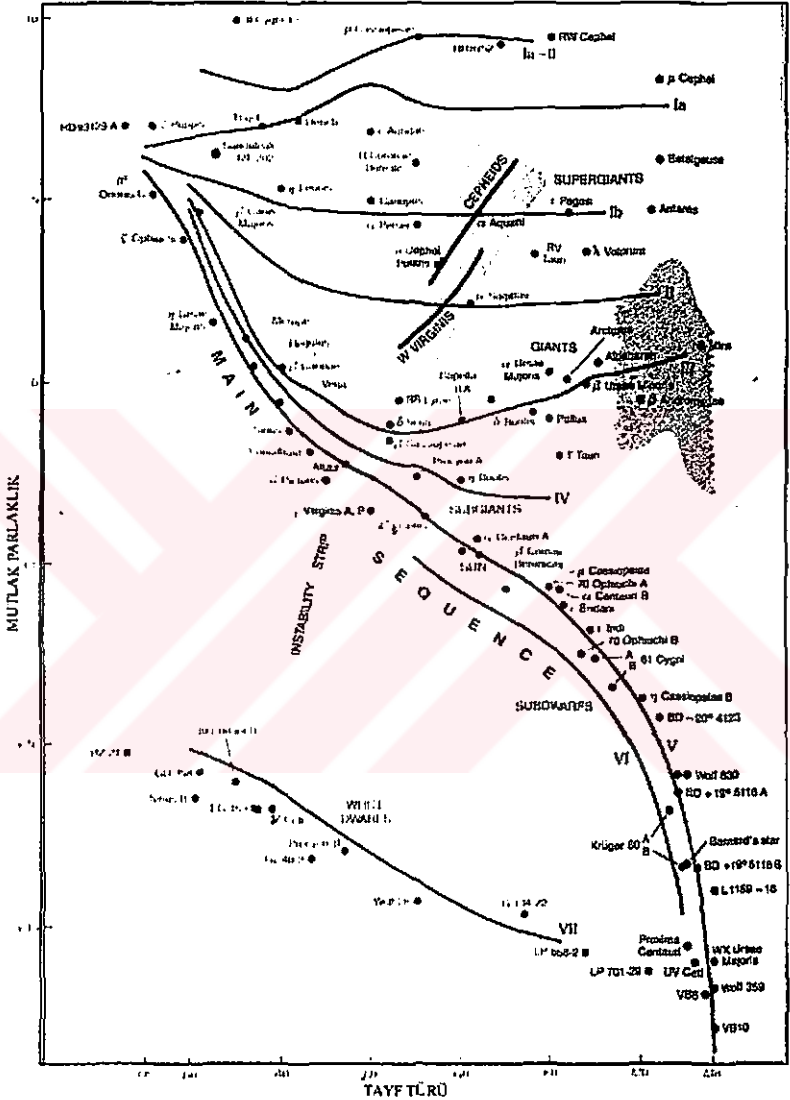
Delta (δ) Scuti yıldızları 1.4–3.0 M_{\odot} kütleli, IV veya V ışınım sınıfında, zonklama dönemleri 0.30 günden az, A ya da erken F tayf türünden değişen yıldızlardır. Diğer yandan 0.25 – 0.30 gün dönem aralığında ayrıca RR Lyrae değişenleri bulunmaktadır. Bu değişenlerin Delta Scuti yıldızlarından olan farkları yaşlarından ileri gelir. RR Lyrae yıldızları Delta Scuti yıldızlarından daha yaşlıdır dolayısı ile daha fazla evrimleşmişlerdir (şekil 1.5.). Bu nedenle yalnızca dönemleri gözönüne alındığında bu iki türü birbirlerinden ayırt etmek olanaksızdır. Delta Scuti yıldızlarında V renginde sıcaklık, maksimum parlaklıktan çok az bir süre önce en yüksek değerine ulaşır ve dikine hız eğrisi ışık eğrisini 0.09 evre kadar geriden takip eder (Breger et al. 1976). Oysa RR Lyrae yıldızlarında bu olaya rastlanmamaktadır.

Delta Scuti yıldızlarının Hertzsprung – Russell (H-R) diyagramındaki yeri kararsızlık kuşağındadır. Anakolun 2^m - 2.5^m kadar yukarısında başlarlar. Delta Scuti yıldızlarının büyük çoğunluğu Populasyon I yıldızları olmakla birlikte bazı üyeleri düşük metal bolluğu ve yüksek uzay hızı göstermektedir ki bunlar bilindiği gibi Populasyon II yıldızlarının özellikleri arasındadır. Delta Scuti yıldızları dönemleri 30 dakika ile 8 saat arasında değişen, fotometrik genlikleri bir kadirde düşük olan yıldızlardır.

Bu tür değişen yıldızların ilki Fath (1935) tarafından keşfedilmiştir. Smith (1955) bu tür cisimleri cüce Cepheid'ler olarak adlandırmıştır çünkü bunlar RR Lyrae yıldızlarından farklı, genelde yüksek metalilik ve değişik dönem–parlaklık ilişkisi gösteriyorlardı. Bessell (1969) genliği 0.3 kadirde yüksek olanları AI Velorum olarak tanımladı. Breger (1979,1980) bu yıldızların Delta Scuti olarak anılmasını önerdi. Bu tanımlama günümüzde kabul görmüştür. Metalce fakir cisimler ise SX Phoenicis yıldızları olarak bilinir (Nemec ve Mateo 1990).

Bugün cüce Cepheid'ler olarak anılan yıldızlar yüksek genlikli Delta Scutiler olarak kabul edilebilir. Bunların zonklama davranışları düşük genlikliler ile farklılık gösterir. Bunlar bir veya iki radyal modla zonklama

yapırlar (Walraven et al. 1992). Bu türlere *klasik zonklama yapan değişenler* de denilebilir.



Şekil 1.5. Hertzsprung – Russell diyagramı

Radyal olmayan zonklama yapan yüksek genlikli Delta Scuti'lerin varlığı daha kesin değildir.

Birçok Delta Scuti yıldızı çok küçük genlikle zonklama yaparlar (Breger 1979, Rodriguez et al. 1994). Açık kümelerde Delta Scuti benzeri değişenlerin varlığının araştırmasında (Breger 1972, Slovak 1978) çıkarılan sonuç, spektral türü A2'den F0'a değişen yaklaşık %30 civarında zonklayan yıldızın anakol üzerinde olduğudur. Bu bulgulara göre çıkarılabilecek bir diğer sonuç da kararsızlık kuşağının alt tarafında bulunan tüm yıldızlar zonklama yaparlar. Bunların hepsinin keşfedilmesi yüksek duyarlıklı fotometrik gözlemlere bağlıdır. Anakol Delta Scuti yıldızlarının merkezinde yıldızın yaklaşık % 20 sini kaplayan konvektif çekirdekleri vardır.

Anakolda yer alan Delta Scuti yıldızlarının özellikleri anakolun üzerinde bulunan türlerinden biraz farklıdır. Anakolda bulunanların dönemleri 1.00 saat civarında olup ışık eğrilerinin genlikleri genel olarak küçüktür. Genlik değerleri 0.02 kadirdir veya bu değerden daha küçüktür. Oysa anakolun üst kısmında bulunan bu tür değişenlerin hem dönemleri hem de genlikleri büyüktür.

Bilinen Delta Scuti yıldızlarının H-R diyagramındaki yerleri şekil 1.6.'da gösterilmektedir. Kesikli çizgiler kararsızlık kuşağının gözlenen sınırlarını göstermektedir. Bu sınırlar çok kesin değildir ama bu sınırların dışında zonklama olasılığı azalmaktadır. Bu kuşağın dışında olup zonklama yaptığı öne sürülen birkaç yıldız vardır. Kuşağın soğuk sınırının hemen dışında HR 4746 yıldızı görülmektedir. Yapılan gözlemler HR 4746 kadar soğuk yıldızların zonklama yapamayacağını göstermektedir. Sıcak sınırın hemen ötesinde ise A tayf türünden bir yıldız olan HR 4766 görülmektedir. Bu yıldız kısa dönemli ışık değişimleri göstermektedir (Percy 1973). Değişim gösterdiklerinden kuşku duyulan başka sıcak yıldızlar da vardır. Şekil 1.6.'daki sınırları gösteren kesikli çizgiler bir model atmosfer kalibrasyonu ile sıcaklık cinsinden ifade edilebilirler (Breger 1977). Elde edilen sonuç;

Mavi Sınır :

Sıfır yaş anakol üzerinde 8800 K

$M_v = 0^m.65$ değerinde 8400 K

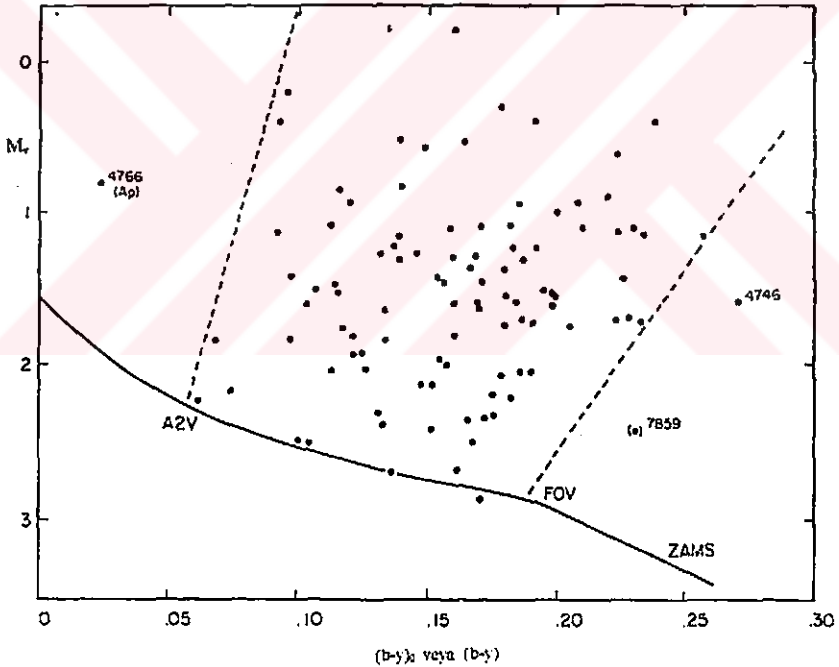
Kırmızı Sınır :

Sıfır yaş anakol üzerinde 7500 K

$M_v = 1^m.70$ değerinde 6950 K

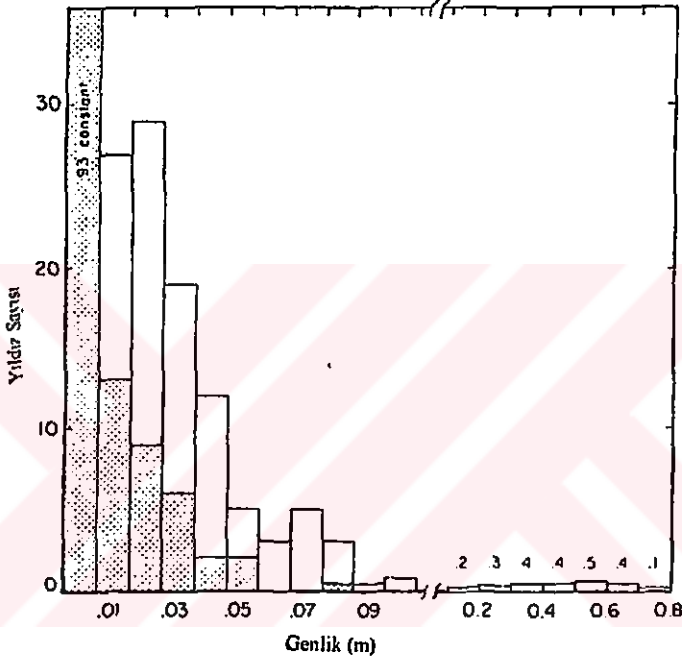
olarak verilmektedir.

Leung (1970) ve Eggen (1970) Delta Scuti yıldızlarının iki ayrı parlaklık grubu oluşturduklarını öne sürmüşlerdir. Bu gruplardan birisi $M = 1^m.9$ civarında iken diğeri $M = 0^m.6$ civarındadır. Ancak hem şekil 1.6.'daki değişen yıldızların dağılımı hem de gözlemlerin istatistiksel analizi bu ilginç öneriyi desteklememektedir.



Şekil 1.6. Delta Scuti yıldızlarının H-R diyagramındaki yerleri (Breger 1979)

Belirli genlik aralıklarına göre sınıflandırılmış yıldız sayısına ilişkin bir histogram şekil 1.7.'de gösterilmektedir. Sönük ve az çalışılmış yıldızlar gözönüne alınmamıştır. Bu histogramda üstel bir eğri kolaylıkla farkedilebilmektedir. Delta Scuti yıldızlarının büyük bir çoğunluğu çok küçük genliklere sahiptir.



Şekil 1.7. Gözlenen genlik değerlerini gösteren histogram (Breger 1979)

1. 3. Delta Scuti Yıldızlarında Tekil ve Çoğul Dönemler

Delta Scuti yıldızlarının büyük bir bölümünün ışık eğrisi şekil ve genlik bakımından değişimler göstermektedir. Aralarından bazılarının (ρ Puppis, AD Cmi, BN Cnc) ışık eğrileri ise çevrinden çevrime kendilerini tekrar etmektedir (şekil 1.8.). Bu tek dönemli yıldızlarda zonklama genliği genel olarak büyük olma eğilimindedir.

durum harmonik modların karışımlarından değil, lineer olmayan atmosferik etkilerden kaynaklanmaktadır.

Bunlara karşıt olarak bazı araştırmacılar da düzensiz dönemlerin varlığına karşı çıkmaktadır. Yukarıda sözü edilen yıldızların gözlem verileri üzerine yapılan analizler gerçek ve kararlı dönemlerin varlığını ortaya koymuştur (Breger 1979). Fitch (1976)'de kendi gözlediği yıldızlarda gayet iyi belirlenmiş düzenli dönemlerin varlığından söz etmiştir. Ayrıca gözlem sürelerinin uzun tutulmasının gerekliliğini belirtmiş ve sağlıklı dönemler elde etmenin böyle mümkün olabileceğini vurgulamıştır. Bu arada Wizinowich ve Percy (1979), Morguleff ve arkadaşlarının sonuçlarına ters olarak 44 Tauris için 0.1449 gün ve 0.1120 gün dönemli kararlı iki ayrı dönemin varlığını öne sürmüşlerdir.

Birçok araştırmacı gözlediği bir yıldızın parlaklık değerlerini zamana göre işaretleyerek kaba bir dönem bulmaya çalışmıştır. Böyle bile olsa kullanılan bu yönteminde bir anlamı vardır. Eğer yıldızdaki farklı dönemler frekans olarak birbirlerine çok yakın ise ya da yıldız çoğu zonklama genliklerini bir tek dönem içerisine koyuyor ise bu yöntem büyük bir yaklaşımla doğru sonuç verir. Diğer durumlarda ise bu yöntem baskın iki dönemin arasında bir değer vermektedir. Fakat bu durumda çok uzun dönemli değişimlerin gözden kaçma olasılığı vardır.

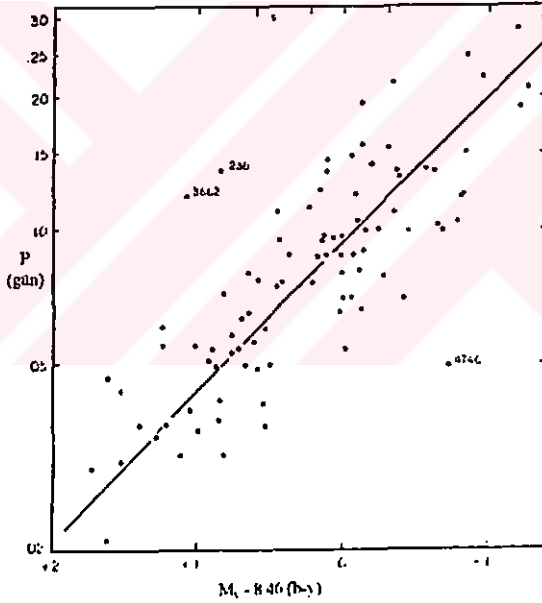
Yetersiz gözlemlerden de anlamı dönemlerin en azından istatistik anlamda elde edilebileceği şekil 1.9.'da görülmektedir. Buradaki dönemlerin büyük çoğunluğu yukarıda anlatıldığı gibi elde edilmiştir. Bu şekil renk düzeltmesi elde edildikten sonra oluşturulmuştur. Şekil 1.9., Delta Scuti yıldızları için dönem – parlaklık – renk (PLC) bağıntısıdır. Kararsızlık kuşağındaki Delta Scuti yıldızlarında Q zonklama sabiti çok fazla değişmediği ve benzer sıcaklıklar benzer modları doğurduğu sürece PLC ilişkisi değişmez. Bu şekil, sağlıklı olarak belirlenememiş olmalarına karşın elde edilenlerin istatistik bakımdan anlam taşıdıklarını göstermektedir (Breger 1979). Sadece üç yıldız bu bağıntıya uymamaktadır. Dönem ve parlaklık arasında iyi bir korelasyon görülmektedir. Ayrıca eğer dönem ve rengini biliyor isek bir Delta Scuti yıldızının parlaklığını,

$$M_v = -3.052 \log P + 8.456 (b-y)_0 - 3.121$$

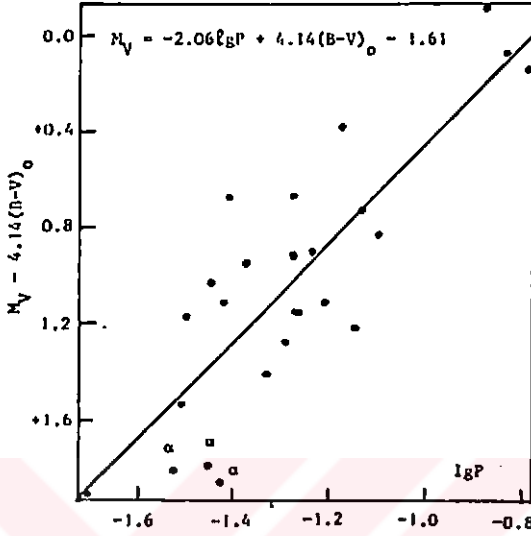
bağıntısı yardımı ile hesaplayabiliriz (Breger 1979). Öte yandan Irkaev ve Frolov (1984) aynı bağıntıyı,

$$M_v = -2.066 \log P + 4.14 (B-V)_0 - 1.61$$

biçiminde vermişlerdir (şekil 1.10.).



Şekil 1.9. Dönemlerin parlaklıklar ile karşılaştırılması (Breger 1979)



Şekil 1.10. Dönemlerin parlaklıkları karşılaştırılması (Irkacv ve Frolov 1984)

1. 3. 1. Delta Scuti yıldızlarında tekil dönemler

Delta Scuti yıldızları içerisinde bulunan bazı değişenler yalnızca tek bir dönemle zonklama yaparlar. Tekil dönemli olarak adlandırılan bu yıldızların ışık değişim genlikleri $0^m.1$ değerinin üzerinde olup bu tür zonklama yapan yıldızlar anakolda değil, anakolun üst kısmında yer alırlar. Çizelge 1.1.'de tekil ve çoğul dönemli zonklama yapan yıldızlara örnekler verilmektedir.

1. 3. 2. Delta Scuti yıldızlarında çoğul dönemler

Delta Scuti yıldızlarının büyük çoğunluğu birden fazla dönem ile zonklama yaparlar. Çoğul dönemli bu yıldızlar radyal ve radyal olmayan zonklama modlarına sahiptirler. Radyal ve radyal olmayan modlarda zonklama yapan yıldızları ayrı ayrı incelemek gerekir. Genel olarak bu yıldızlarda çoğul

dönem sorununun çözümlenebilmesi için yıldızların tek tek ele alınması ve uzun süreli gözlem yapılması gerekmektedir.

Çizelge 1.1. Tekil ve çoğul dönemli değişenlere bazı örnekler (Breger 1979)

Tür	Örnekler
Tekil dönemliler	ρ Puppis, AD Cmi, DY Her, EH Lib, SZ Lyn
Radyal çoğul dönemliler	SX Phe, AE Uma, RV Ari, BP Beg, AI Vel, CC And, V703 Sco, VZ Cnc, VX Hya V571 Mon = 21 Mon IM Tau = 44 Tau AI CVn = 4 Cvn VY Psc = HR 515 UV Ari = HR 812 EM Agr = HR 8006
Radyal olmayan çoğul dönemliler	V474 Mon = 1 Mon V571 Mon = 21 Mon V376 Per = HR 1170 V1208 Aql = 28 Aql
Değişen dönemliler	V571 Mon = 21 Mon

Radyal zonklama, sabit Q değerleri ile karakterize edilebilir. Çizelge 1.2.'de tipik bir Delta Scuti yıldızı ($M_* = 1.7M_{\odot}$, $T_{\text{eff}} = 7800$ K, $L = 15L_{\odot}$) için radyal Q değerleri verilmiştir. Kararsızlık kuşağının kırmızı bölgesinde yer alan değişenler, temel moda karşılık gelen Q değerine sahip olmaya eğilimlidirler (Breger 1979).

Tipik bir Delta Scuti yıldızı ($M_* = 2M_{\odot}$, $T_{\text{eff}} = 7700$ K) için Stellingwerf (1979)'de zonklama sabiti Q 'ya ilişkin değerleri aynı yıl vermiştir. Bu değerlerde çizelge halinde aşağıda sunulmuştur. Breger (1979), Stellingwerf ile teorik beklentilerinin aykırılık gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca Breger ve Bregman (1975) Q sabiti değerinin azalması ile sıcaklığın arttığını belirtmişlerdir.

1. 3. 2. 1. Çoklu dönemli radyal zonklama yapan Delta Scuti yıldızları

Radyal zonklama yapan değişenlerin çoğu gözlenen dönem oranlarıyla çizelge 1.2.'de verilen beklenen dönem oranlarının (P_i / P_{i-1}) karşılaştırılması ile belirlenir. Dönem oranı, radyal zonklama yapan Delta Scuti yıldızlarının belirlenmesinde kriter sayılabilir. Normal kütleli Populasyon I yıldızları için yapılan kuramsal hesaplamalar, büyük genlikli Delta Scuti yıldızlarında gözlenenlerden daha küçük dönem oranları vermiştir.

Çizelge 1.2. Tipik bir Delta Scuti yıldızı için radyal Q değerleri ve dönem oranları (Breger 1979)

Zonklama Modu	Dönem (Gün)	Q (Gün)	P_i / P_{i-1}
Temel Mod	0.07861	0.0329	-
1. Harmonik Mod	0.05985	0.0251	0.761
2. Harmonik Mod	0.04846	0.0203	0.810
3. Harmonik Mod	0.04095	0.0172	0.845

Stellingwerf (1979) tarafından önerilen radyal Q değerleri ve bu değerlere bağlı olarak Breger (1979)'den farklı olan dönem oranları çizelge 1.3.'de gösterilmektedir.

Çizelge 1.3. Tipik bir Delta Scuti yıldızı için radyal Q değerleri ve dönem oranları (Stellingwerf 1979)

Zonklama Modu	Dönem (Gün)	Q (Gün)	P_i / P_{i-1}
Temel Mod	0.1121	0.03259	---
1. Harmonik Mod	0.0865	0.02514	0.772
2. Harmonik Mod	0.0705	0.02050	0.815
3. Harmonik Mod	0.0591	0.01719	0.838
4. Harmonik Mod	0.0506	0.01470	0.856
5. Harmonik Mod	0.0441	0.01283	0.872

Petersen ve Jorgensen (1972), 0.77 civarındaki gözlenen dönem oranlarının yalnızca Populasyon II yıldızları için geçerli olabilecek kütle ve kimyasal bileşimlere uygunluk gösterebileceği sonucuna varmışlardır. Ancak daha sonra yapılan hesaplamalar, $P_1 / P_0 = 0.74$ değerinden büyük olan dönem oranlarının kimyasal bileşime çok duyarlı olduğunu ve hatalı kütleler elde edilmesine yol açabileceğini göstermiştir. Populasyon I sınırları içerisinde bile olsa kimyasal bileşimdeki değişimler kütlede iki kat ya da daha fazla hatalı sonuçlara yol açacaktır. Delta Scuti yıldızları için $z = 0.044$ değeri $z = 0.02$ değerine değiştirilecek olur ise $P_1 / P_0 = 0.6005$ için elde edilecek kütle $1.3 M_{\odot}$ değerinden $0.5 M_{\odot}$ değerine kadar düşecektir.

Dönem oranlarının gözlenen değerleri ile hesaplanan değerleri arasındaki farklılık konusunda Cox et al. (1978) çalışmalar yapmışlardır. Dış katmanlarda helyumun azalmış olmasının ve içeriye doğru helyum difüzyonundan dolayı ortalama molekül ağırlığının düşmesinin, 0.77 değerindeki dönem oranını verebileceği taraflarından önerilmiştir.

Sonuç olarak Delta Scuti yıldızları için radyal P_1 / P_0 oranının 0.74 ile 0.78 değerleri arasında olması gerektiği söylenebilir.

1. 3. 2. 2. Çoğunlukla radyal olmayan zonklama yapan Delta Scuti yıldızları

Radyal modlara uymayan dönem oranları radyal olmayan modları belirler. Radyal olmayan dönem oranları üzerine kuramsal değerler önerilmemiş olması, radyal olmayan zonklamaların çok farklı olan sonuçlarını değerlendirmede zorluklara yol açmaktadır.

Delta Scuti yıldızlarının çoğunluğu radyal olmayan p ve g modunda zonklama yaparlar (Bregier ve Pamyatnykh 1998). Delta Scuti yıldızlarında, radyal olmayan zonklamadan söz edilirken p ve g modları denen iki kavramdan da bahsetmek gerekir. p modu basınç modu demektir ve bu durumda geri getirici kuvvet basınç kuvvetleridir. g modu ise çekim modu demektir ve bu durumda geri getirici kuvvet çekimden kaynaklanan yüzme

kuvvetidir. Geri getirici kuvvet, yıldızı daima denge konumuna getirmeye çalışan kuvvettir.

Bir Delta Scuti yıldızının çekim veya basınç modundan hangisi ile zonklama yaptığını bulmak için dinamik zaman ölçeğinden yararlanmak ve bu ayırımı yapabilmek mümkündür.

$$t_d ; \text{dinamik zaman ölçeği} ; 2\pi / (GM / R^3)^{1/2}$$

bağıntısı ile verilir, burada G; çekim sabiti, M; yıldızın kütlesi, R ise yıldızın yarıçapıdır.

Eğer yıldızda gözlenen modun dönemi, o yıldız için sözkonusu olan dinamik zaman ölçeğinden kısa ise mod basınç modudur. Modun dönemi dinamik zaman ölçeğinden uzun ise mod çekim modudur.

Tayf çizgilerinin kesitlerini inceleyerek hızlı dönen Delta Scuti yıldızlarında radyal olmayan salınımlar olabileceğini Walker et al. (1987) göstermişlerdir. Yıldız diski üzerindeki boylamsal hareketlerden dolayı çizgi kesitlerinde çukurlar veya yükseltüler oluşabilmektedir. Bu şekil bozuklukları dönme ve dalga hareketi nedeni ile çizgi kesiti boyunca yer değiştirirler. Yer değiştiren bu tür görüntüler β Cephei türü değişen yıldızlarda Smith (1985) tarafından daha önce bulunmuştu. Walker et al. (1987) da Delta Scuti türü radyal olmayan zonklama yapan üç yıldızda (κ^2 Boo, α^1 Eri, 21 Mon), bu şekilde zamanla yer değiştiren görüntülerin varlığını göstermişlerdir. Bu görüntülerin kuvvetli çizgilere nazaran zayıf çizgilerde daha açık bir şekilde görüldüğü vurgulanmıştır.

Mantegazza ve Poretti (1990) genlikleri $0^m.05$ değerinden daha küçük olan Delta Scuti yıldızlarında tek bir gözlemeviden elde edilecek ışık eğrileri ile duyarlı bir dönem analizinin yapılamayacağını belirtmektedirler. Öte yandan Poretti (1989) genliğin $0^m.05$ değerinden büyük olduğu durumlarda ışık eğrilerinin analizi ile çoğul dönemlerin belirlenebileceğine işaret etmektedir.

Delta Scuti yıldızları için bulunan diğer bir genel özellik de dikine hız genliğinin görsel bölgedeki parlaklık değişim genliğine oranı ile dönem oranı arasında bir ilişkinin varlığıdır (Smith 1982). Poretti et al. (1987) V356 Aur yıldızının ışık ve dikine hız eğrilerini analiz ederek bu yıldızın dönemler oranı 0.826 olan radyal olmayan zonklamalar yaptığını öne sürmüşlerdir. Ancak bulunan dönemlere göre $2K / \Delta M_v$ oranı birinci dönem için 127, ikinci dönem için $150 \text{ km s}^{-1} \text{ mag}^{-1}$ elde edilmiştir. Dönem oranı ile genlikler oranı uyuşmadığı için V356 Aur yıldızının zonklama türü kesin olarak belirlenememekte ve bu yıldız Delta Scuti yıldızları içerisinde ilginç bir yıldız olarak gösterilmektedir.

İlginç sayılabilecek Delta Scuti yıldızı olarak nitelendirilebilecek bir diğer yıldız da V376 Per'dir. V376 Per yıldızının genliği $0^m.08$ olup (Breger 1979) büyük genlikli bir Delta Scuti yıldızı olarak kabul edilir. Dönem analizi için üzerinde çok çalışılmış bir yıldızdır. Pena ve Warman (1980) bu yıldızı altı sene (1974 – 1980) gözleyerek tam dört farklı dönem öne sürmüşlerdir. Bu dönemlere göre yıldız radyal olmayan zonklamalar yapmaktadır. Kurtz (1981) ise daha önceki gözlemleri kullanarak iki dönem vermekte, bunlardan birisinin radyal ötekinin ise radyal olmayan zonklamalara karşılık geldiğini savunmaktadır. Yıldızın dönem oranı ise Kurtz tarafından 0.92 olarak bulunmuştur. Aynı gözlem verileri Ostermann (1990) tarafından hem Fourier analizi hem de ayrıca PERDET (Breger 1980) programı kullanılarak analiz edilerek diğerlerinden tamamen farklı sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre yıldızın sahip olduğu dönemler sırasıyla $P_1 = 0.09942$ gün ve $P_2 = 0.08392$ gün olarak Ostermann tarafından bulunmuştur. Yıldızın sahip olduğu dönemler oranı 0.84 olarak bulunmuş ve bu sonuca göre yıldızın radyal olmayan zonklama yaptığı sonucuna varmıştır.

1. 3. 3. Değişen Dönemli Zonklama Yapan Delta Scuti Yıldızları

Değişen dönemli zonklama yapan yıldızlar grubuna giren yıldızlarda dönem sürekli olarak değişim gösterir. Yeni dönemler ya da modlar ortaya çıkarken eskiler ortadan kalkmaktadır. Böylesi bir davranışın en olası açıklaması, zonklamayı sağlayan enerjinin yeni ve radyal olmayan modların oluşmasını sağlamasıdır. Böyle bir mekanizmanın nedeni henüz bilinmemektedir.

1. 4. Delta Scuti Yıldızlarında Dönem Değişimi ve Evrimleri

Breger et al. (1998), mevcut gözlemlerden yararlanarak ve evrim modellerinden hesaplanan değerler ile karşılaştırmalar yaparak Delta Scuti yıldızlarının dönem değişimleri ve evrimleri hakkında aşağıda belirtilen genel sonuçlara varmışlardır.

Populasyon I yıldızlarına ait radyal zonklama yapan Delta Scuti yıldızları için gözlemlere dayanarak $(1/P)dP/dt$ ifadesinin değeri 10^{-7} yıl⁻¹ olarak bulunmuştur. Bulunan bu değişim değerinin dönemin artması veya azalması şeklinde eşit olarak dağılması beklenmektedir. Fakat evrim modellerine göre bu tür yıldızların büyük bir çoğunluğunun artan dönem gösterdikleri bulunmuştur. Beklenen bu artış, gözlenen dönem değerinden 10 kat daha az olabilir.

Populasyon I yıldızlarına ait radyal olmayan zonklama yapan Delta Scuti yıldızları içinse böyle bir değer verilemez çünkü bu yıldızlarda daha anlaşılabilen şeyler vardır. Bu davranışlara göre önerilen, nispeten evrimleşmemiş bu yıldızlar için dönem değişimlerinden evrim oranı ile ilgili sonuçlar çıkarılamayacaktır.

Populasyon I Delta Scuti yıldızlarının radyal ve radyal olmayan zonklama yapan elemanlarının bazı özellikleri Breger (1991) tarafından ortaya konulmuştur. İlgili bilgiler çizelge 1.4.'de verilmiştir.

Çizelge 1.4. Populasyon I Delta Scuti yıldızlarının bazı özellikleri (Breger 1991)

Özellik	Radyal zonklama yapanlar	Radyal olmayan zonklama yapanlar
Luminosite	Anakoldan fazla	Anakol ve anakoldan fazla
Frekans sayısı	1 veya 2	Genellikle çok
Dönme hızı (vsini)	$\leq 30 \text{ km s}^{-1}$	Genellikle büyük
Mod	Radyal	Radyal olmayan p modlar
Genlik	$\geq 0^m.3$	Genellikle $\leq 0^m.02$

Populasyon II Delta Scuti (SX Phe) yıldızlarının çoğunun dönem değişimlerinin karakteri ani sıçramalar şeklindedir ve bu yıldızlarda $\Delta P/P$ oranı yaklaşık 10^{-6} 'dır. İstisna bir Populasyon II yıldızı olan BL Cam devamlı ve büyük dönem artımı göstermektedir.

Model hesaplamalarının gösterdiğine göre anakol öncesi Delta Scuti yıldızları için evrimsel dönem değişikliği anakoldaki Delta Scuti yıldızlarına göre 10 ila 100 kat daha fazladır.

1. 5. Zonklama Üzerine Etkisi Olan Fiziksel Parametreler

Kararsızlık kuşağının hemen yakınlarında veya içerisinde bulunan yıldızların değişen olup olmadıklarını belirleyebilmek için yüksek duyarlılıklı fotometrik gözlemler yapılmıştır (Breger 1969a). Bu gözlemlerden bazıları olabildiğince yeni değişenler bulabilmek amacıyla iken bazılarında sabit yıldızları denetlemek için yapılmıştır.

Aynı sıcaklık ve luminositeye sahip yıldızlardan büyük bir bölümü sabit iken küçük bir bölümü zonklama yapmaktadır. Zonklamamın olmasını sağlayan fiziksel faktör veya faktörleri belirlemek gerekmektedir. Bu faktörleri belirleyebilmek için yıldızların dönme hızları, metal bollukları, evrim aşamaları, sıcaklıkları ve luminositeleri arasındaki ilişki düşünülmelidir. Kararsızlık kuşağının her iki sınırına doğru gidildikçe zonklamamın yavaş yavaş mı yoksa aniden mi azaldığı sorusunu yanıtlamak kolay değildir, çünkü sıcaklık belirlenmesinde duyarlılık 100°K civarındadır.

Kararsızlık kuşağı içerisindeki bir yıldızın zonklama yapamayacağını belirlenmesinde iki fiziksel parametre önemlidir. Bu parametreler, dönme hızı ve metal bolluğudur.

1. 5. 1. Dönme Hızı

Gözlemler, değişen dev yıldızlar için dönme hızının sabit olan yıldızlara göre daha az olduğunu ortaya koymuştur (Breger 1969b). Anakola yaklaştıkça bu etki azalmaktadır. Anakol üzerinde bulunan değişen yıldızlar sabit yıldızlara oranla daha hızlı dönmektedirler. Çizelge 1.5.'den görüldüğü gibi zonklama yapan devler, sabit yıldızlardan oldukça yavaş dönmektedirler.

Anakol üzerinde zonklama ve hızlı dönme birbirlerine paralel gidebilmektedir. Orta büyüklükte bir anakol Delta Scuti yıldızı yine orta büyüklükte sabit bir yıldızdan daha hızlı dönmektedir. Walker et al. (1987), hızlı dönen dört Delta Scuti yıldızını (κ^2 Boo, σ^1 Eri, 21 Mon, v Uma) inceleyerek bunların yüksek mertebeden radyal olmayan zonklama yaptıklarını göstermişlerdir.

H-R diyagramında anakolun yukarısında yer alan sabit yıldızların birçoğu yüksek dönme hızlarına sahiptirler.

1. 5. 2. Metal Bolluğu

Zonklama için dönme hızı ile birlikte metal bolluğunda önemli bir etkisi olduğu daha önceden belirtilmişti. Ancak bu etki söz konusu metal bolluğunun türüne bağlıdır.

Metal çizgili A ve F türü yıldızlar araştırmacılar tarafından birkaç gruba ayrılmıştır. Çeşitli türden metal çizgili yıldızların özellikleri çizelge 1.6.'da verilmiştir.

Çizelge 1.5. Zonklama ve dönme arasındaki ilişki (Breger 1979)

Örnek Yıldızlar	Ortalama Vsin i (km / s)	
	Değişen Yıldızlar	Sabit Yıldızlar
Devler	77 ± 13	124 ± 10
Cüceler	142 ± 6	93 ± 5
Praesepe, Hyades ve Coma kümelerindeki cüceler	149 ± 9	91 ± 14
Pleiades ve α Per kümeleri	90 ± 19	125 ± 15

Şekil 1.11.'de metal çizgili tayflara sahip yıldızların zonklamalarına ilişkin özellikleri görülmektedir. Anakol üzerinde metal çizgili yıldızlar olarak bir grup oluşturan klasik Am yıldızları zonklama yapmamaktadır. Delta Delphini yıldızları ise zonklama yapmaya eğilim gösteren yıldızlardır. Bu yıldızlar tayfsal olarak homojen olmayan bir grup oluştururlar. Marjinal Am yıldızları da anakol civarında olmakla birlikte metal bollukları klasik Am yıldızlarına göre daha azdır. Şekil 1.11.'den, klasik Am yıldızlarının zonklama yapmamakla birlikte Delta Delphini ve marjinal Am yıldızlarının

Çizelge 1.6. Metal çizgili yıldızlar (Breger 1979)

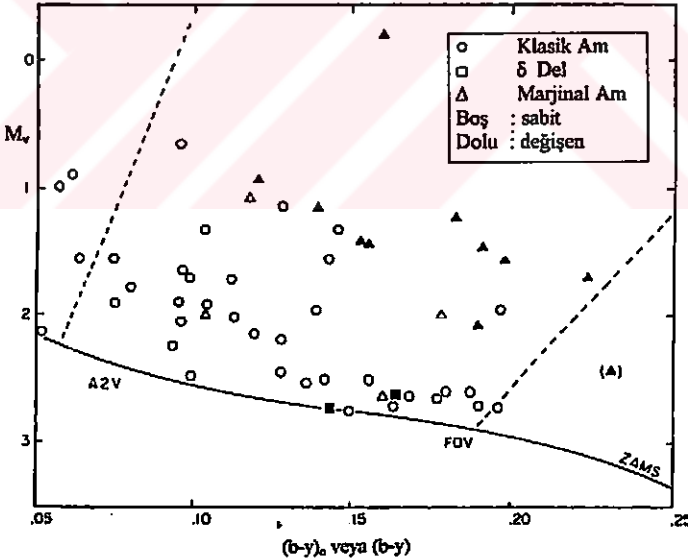
Yıldız Türü	Özellikleri
Klasik Am yıldızları	K-çizgili ve metal-çizgili tiplerin tayf türleri arasında 5 ya da daha fazla alt sınıf farkı vardır
Erken tür yıldızlar ya da Sıcak Am yıldızları	A4'den erken, metalik Sc II λ4246 / Sr II λ4215 oranı
Delta Delphini	Alt dev veya dev, metal çizgili tayf

zonklama yaptıkları görülmektedir (Breger 1979).

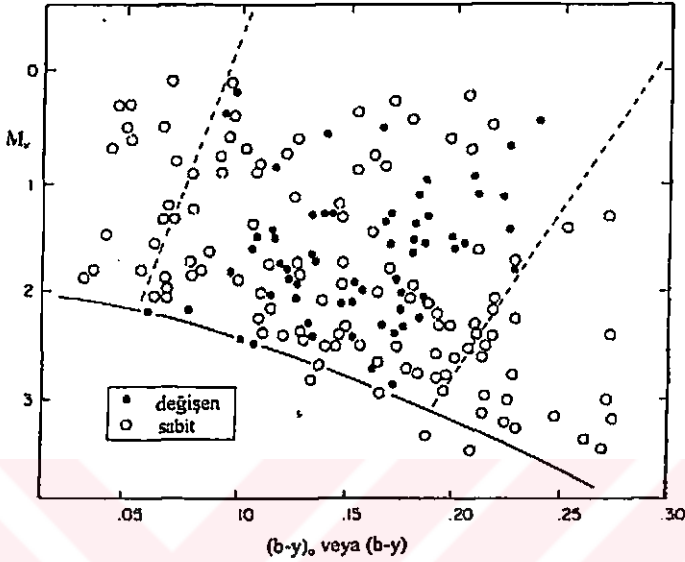
Yapılan gözlemlerden ortaya çıkan sonuca göre anakolun bir kadir yukarısına kadar olan bölge içerisinde yüksek metal bolluğu (klasik Am yıldızları) zonklamayı yasaklamaktadır. Oysa metal bolluğu ile zonklama arasındaki böylesi bir durum marjinal Am yıldızlarında görülmemektedir.

Delta Scuti yıldızı tanımlaması belirli türden ışık değişimi gösteren yıldızları anlatmak için kullanılır. Delta Delphini tanımlaması ise tayfsal bir anormalliği ifade eder. Metal çizgili yıldızların tüm türleri zonklama yapmak durumunda olmadıkları gibi zonklama yapan yıldızların hepsi de olağan dışı tayflara sahip olmak zorunda değildir. Normal tayflara sahip yıldızlarda zonklama yapabilirler (şekil 1.12.).

Metalik A yıldızlarında mevcut olan karmaşık durum difüzyon kuramı ile açıklanabilir. Difüzyon kuramına göre yavaş dönme gibi çok sakin ve tedirgin edilmemiş koşullar altında ışınım basıncı nedeni ile bazı elementler



Şekil 1.11. Anormal tayflara sahip oldukları bilinen yıldızın değişkenliği (Breger 1979)



Şekil 1.12. Normal tayflara sahip oldukları bilinen yıldızın değişkenliği (Breger 1979)

yıldızın yüzeyine doğru yükselebilirken, kütle çekim nedeni ile bazı yüzey altı elementler yıldızın iç bölgelerine doğru alçalabilir (Smith 1971). Bu duruma göre Am yıldızlarında gözlenen aşırı ya da az bollukları açıklamak kolaylaşmaktadır. Ancak, difüzyon olayı sırasında He II iyonlaşma bölgesinde bulunan helyum da aşağılara doğru çöker. Gerekli olan zonklama enerjisinin büyük bölümünün He II iyonlaşma bölgesinden kaynaklandığı bilindiğine göre bu bölgede helyumun çok azda olsa görece bir eksikliği bozulan dengeyi artırıcı yönde etkili olacaktır. Bütün bu olan olayların ışığında bozulan denge tekrar yerine gelecektir. Klasik Am yıldızlarının neden zonklama yapma eğiliminde olmadıkları böyle açıklanabilir.

Bu düşünce kuramsal olarak ilk kez Baglin (1972) tarafından ortaya atılmıştır. Baglin, 50 km s^{-1} değerindeki kritik hızın üzerindeki hızlarla dönen yıldızlarda difüzyon olayının gerçekleşemeyeceğini öne sürmüştür. Daha sonra ise Vauclair (1976) 20 km s^{-1} değerinden daha büyük dönme hızlarında dahi difüzyon olayının oluşamayacağını bulmuştur.

Delta Scuti yıldızlarında fotosferik bolluklar geniş değişim ve anormallikler gösterir (Russell 1995). Bu büyük anormalliklerin ve değişimin kütle kaybı, radyatif yükselme ile difüzyon olayından nasıl etkilendiği belirlenememiştir.

Metalce zengin olan büyük luminosite değerine sahip olan yıldızların zonklama nedenleri ise He II iyonlaşma bölgesinin dışında bir etkide aranmalıdır. Bu gibi durumlarda H iyonlaşma bölgesinin yıldızın zonklamasında önemli duruma geleceği varsayılmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. CN Draconis

CN Dra (=HR 7563) yıldızının Delta Scuti türü değişen olduğu Breger (1969c) tarafından ortaya atılmıştır. Dört günlük gözlem süresine bağlı olarak Breger, yıldıza ilişkin dönem değerini 0.1 gün olarak belirtmiş ve buna bağlı olarak genlik değerini $0^{m}.05$ olarak vermiştir. Valtier (1972), polinom fiti yöntemi yardımıyla bu yıldızın dönem değerini yine 0.1 gün olarak vermiş ancak genlik değerini Breger'den farklı olarak $0^{m}.035$ olarak vermiştir.

Warman et al. (1974)'ün yaptıkları incelemenin ilk sonuçlarına göre bu yıldızın farklı üç dönemle zonklama yaptığı belirtilmiştir. Bulunan dönem değerleri sırası ile $0^{s}.181$, $0^{s}.106$, $0^{s}.077$ olarak verilmiştir. Bu incelemenin ayrıntılı sonuçlarının ilerleyen yıllarda yayınlanacağı belirtilmiş fakat böyle bir yayına rastlanamamıştır. Ayrıca yayında ilk sonuçlara ulaşılırken "polinom fiti" yöntemi kullanıldığı ve ayrıca uygulanan Fourier yönteminde bu sonuçları desteklediği belirtilmiştir. Kullanılan yöntemin kesinlik payının %5 olduğu da vurgulanmıştır.

Irkaev (1984), yıldızı fotometrik olarak incelemiş ve dönemini 0.1 gün olarak vermiştir. Ayrıca V bandında genliğin $0^{m}.04$ ile $0^{m}.09$ arasında değiştiğini ve ışık eğrisinin şeklinin kararlı olmadığını belirtmiştir. CN Draconis'in ışık eğrisi değişimlerinin karakterinin 11 yılda bir kararlı hale geldiğini savunmuştur.

2.2. DQ Cephei

İlk bilinen Delta Scuti yıldızlarından olan DQ Cep (= HD 199908 = BD +55 2452), 1951 yılında Walker (1952) tarafından keşfedilmiştir. 1953 yılında Walker, bu yıldızın 12.6904 ç/g (çevrim/gün) frekansında ve buna eşit olan 0.07886 günlük döneme sahip olduğunu belirtmiştir. Ayrıca bu

değerler Sahade et al. (1956) tarafından yıldızın dikine hız incelemesi yapılarak da teyit edilmiştir.

Fitch, 1958 yılında bu yıldız çok detaylı olarak incelemiş ve sonuç olarak yıldızın 12.6799 ç/g ile 8.0516 ç/g değerlerine sahip iki moda sahip olduğunu bulmuştur (Fitch 1965). DQ Cep yıldızının döneminin Fitch tarafından saptanmasına rağmen, 1983 yılında Pena (1983) iki farklı gözlem yerinden fotometrik gözlem (kampanya gözlemleri) organize etmiş ve yıldız bu şekilde incelemiştir. Analizlerin sonucunda yine iki farklı frekans, 8.0603 ç/g ile 12.6788 ç/g , bulunmuştur. Bu analizler 1952 yılından 1983 yılına kadar olan toplam 29 yıllık sonuçlarla da çok iyi uyum göstermiştir. 1953 yılında Walker tarafından bulunamayan ikinci modun (8.0603 ç/g), genlik değerinin küçük ve sinyal/gürültü oranının yeterince büyük olmamasına rağmen varlığı saptanmıştır.

Yıldızın dönem analizi Gray ve Desikachary (1973) tarafından Fitch ve Wehlauf (1965)'nin verileri kullanılarak yapılmıştır. Periodogram analizi kullanılarak yıldızın ait üç dönem sırasıyla 12.68, 9.01 ve 6.86 ç/g olarak elde edilmiştir. Daha sonra aynı yöntemi Walker (1953)'ün verilerine uyguladıklarında 6.048 ç/g olarak buldukları üçüncü dönemin çok küçük (temel modun onda biri) pike sahip olduğunu saptamışlardır. 9.01 ç/g olarak bulunan dönemin, 8.0516 ç/g olan gerçek dönemin alias etkisine maruz kalmış hali olabileceğini belirtmişlerdir (Pena et al. 1983).

DQ Cep yıldızının sahip olduğu zonklama sabitinin (Q) değeri Petersen ve Jorgensen (1972) tarafından 0.017 olarak verilmiştir.

Bu yıldız en son Zhiping et al. (1998) incelemiş ve yine iki modla zonklayan bir yıldız olduğuna karar vermişlerdir. Buldukları frekans değerleri sırası ile 8.0480 ç/g ve 12.6826 ç/g 'dir. Ayrıca DQ Cep yıldızına ait iki modun genlik değerlerini yıllara göre incelediklerinde 180°'lik faz farkı gösterdiğini ve değişimin 46 yıl civarında olduğunu belirtmişlerdir.

2.3. V620 Herculis

V620 Her (=63 Her) yıldızının parlaklığındaki değişimler ilk kez Breger (1969c) tarafından gözlenmiştir. Elliot (1974) yaptığı gözlemler ve analizler ile bu yıldızın dönemini $0^s.0797$ olarak saptamıştır. Breger (1979) daha sonra yıldızın zonklama dönemini $0^s.077$ ve V bandı için ışık değişim genliğini $0^m.025$ olarak vermiştir.

V620 Her yıldızı Manganey et al. (1988) tarafından iki ayrı gözleminde 21 gece gözlenerek ışık eğrileri elde edilmiştir. Bu eğriler Ponman (1981) ve Roberts et al. (1987) tarafından kullanılan, ışık eğrilerinin sinüs eğrileri ile temsiline dayanan yöntem ile analiz edilmiştir. Işık eğrilerinin analizi sonucunda altı farklı mod bulunmuştur. Bunlardan birinin radyal temel moda, ötekilerin ise radyal olmayan modlara karşılık geldiği önerilmektedir. Radyal olmayan modların yıldızın hızlı dönmesinden kaynaklanabileceği belirtilmektedir.

1994 yılında yapılan araştırmada ise Breger et al. (1994), V620 Her yıldızı için üç farklı mod olduğunu savunmuştur. Yıldızla ait frekans değerleri sırası ile $11.32 \text{ } \mu\text{/g}$, $20.07 \text{ } \mu\text{/g}$ ve $7.72 \text{ } \mu\text{/g}$ olarak verilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3. 1. Materyal

Bu çalışmada Delta Scuti türü ışık değişimi gösteren DQ Cephei, CN Draconis ve V620 Herculis yıldızlarının geniş band (B ve V filtrelerinde) gözlemleri yapılarak oluşturulan ışık eğrilerinden yararlanarak çoğul veya tekil dönemli davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır.

3. 1. 1. Delta Scuti türü üç değişen yıldızın özellikleri

Delta Scuti yıldızları kısa dönemli zonklama yapan yıldızlardır. Bu tür yıldızların fiziksel özellikleri fotometrik teknikler kullanılarak belirlenebilmektedir. Birçok araştırmacı tarafından bu yıldızların fotometrik gözlemleri yapılmış ve yayınlanmıştır. Bu tür yıldızların çoğunun dar band ışık ölçümleri Crawford et al. (1966), orta band ışık ölçümleri başta Eggen (1970, 1971) olmak üzere birçok bilim adamı tarafından yapılmıştır. Çoğu Delta Scuti yıldızının orta ve dar band ışık ölçümleri ile bunlara ilişkin fiziksel özellikler Leung (1970), Baglin et al. (1973) tarafından yayınlanmıştır (Akan, M. C. 1991).

Delta Scuti türü yıldızlardan, bu çalışma için seçilen yıldızlara (DQ Cep, CN Dra, V620 Her) ilişkin yapılan çalışmalar ve sonuçları bir önceki bölümde sunulmuştur. Gözlem programına alınan yıldızlara ait bazı özellikler çizelge 3.1.'de verilmiştir.

3. 1. 2. Gözlemlerin indirgenmesi

CN Draconis, DQ Cephei ve V620 Herculis yıldızlarının fotometrik gözlemleri TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG)'nde bulunan 40 cm'lik Cassegrain türü teleskop kullanılarak yapılmıştır. Gözlemler yapılırken kullanılan fotometre SSP-5A'dır. Johnson geniş band standart filtreleri kullanılmıştır. Temmuz 2000'de yapılan ilk gözlemler Johnson U, B, V, R

filtrelerinin dördünde de yapılırken, Ağustos 2000 gözlemlerinde sadece B ve V bandlarında gözlem yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Seçilen yıldızların bazı özellikleri (Garcia et al. 1995)

Özellikleri	CN Dra	DQ Cep	V620 Her
HD	187764	199908	155514
HR	7563	---	6391
Sağ açıklık (1950)	19 ^{sa} 46 ^d 41 ^s	20 ^{sa} 56 ^d 24 ^s	17 ^{sa} 08 ^d 59 ^s
Denklinasyon (1950)	+68° 18'.8	+55° 17'.6	+24° 17'.9
Galaktik koordinatları			
l	100.58	93.88	45.82..
b	20.24	6.41	32.10
Epoch (JD)	---	2433924.8404	---
Maksimum parlaklık (m)	6.38	7.32	6.23
Minimum parlaklık (m)	6.29	7.22	6.19
Dönem (gün)	0.1	0.07886	0.0797
Genlik	0.08	0.05	0.04
B - V	0.28	0.33	0.1
U - B	0.09	0.14	---
M _v	0.37	1.3	1.73
Vsin <i>i</i>	115	60	175
b - y	0.185	0.179	0.125
Tayf türü	F0 III	F4 III	A8 V

Gözlemlere başlanmadan önce gözlenecek her yıldıza ait olmak üzere bir mukayese bir de denet yıldızı belirlenmiştir. Mukayese yıldızları belirlenirken değişen yıldıza olabildiğince yakın, parlaklık ve tayf türü uygun olanlar seçilmiştir. Mukayese yıldızlarının parlaklıklarının zamanla değişip değişmediğinin tespiti için denet yıldızları da gözlenmiş ve sonuçta CN Draconis ile DQ Cephei yıldızlarına ait seçilen mukayese yıldızlarının ışıklarında değişim olmadığı görülmüştür. V620 Her yıldızının mukayese ve denet yıldızları sırası ile HR 6328 (F5 V), HR 6533 (A1 V)'dir. Seçilen bu mukayese ve denet yıldızları Breger et al. (1994) tarafından da V620 Her'in gözlemlerinde kullanılmasına rağmen, bizim çalışmamızda yapılan

indirgemeler sonucunda V620 Her yıldızının denet yıldızı HR 6533'den şüphelenilmiş, dönem analizinin yanlış sonuçlara götürebileceği alınarak dönem analizi uygulanmamıştır. Değişen, mukayese ve denet yıldızlarına ait bazı bilgiler çizelge 3.2.'de verilmiştir. Çizelge 3.2.'de sunulan bilgiler Hipparcos Katologu'ndan elde edilmiştir.

Çizelge 3.2. Değişen, mukayese ve denet yıldızlarına ilişkin bilgiler

Yıldız	HR	HD	α (2000) (sa dk s)	δ (2000) (° ' ")	m_v	Tayf Türü
CN Draconis	7563	187764	19 46 44.60	+68 26 16.80	6.34	F0 III
Mukayese (C1)	-	187610	19 46 02.17	+67 44 16.40	7.73	F0
Denet (C2)	-	188852	19 52 34.46	+66 42 19.00	7.70	F0
DQ Cephei	-	199908	20 57 48.58	+55 29 15.40	7.26	F2 II
Mukayese (C1)	-	199938	20 58 00.41	+56 07 10.20	7.95	F0
Denet (C2)	-	199067	20 52 20.96	+55 03 04.40	6.77	A2
V620 Herculis	6391	155514	17 11 03.17	+24 14 15.40	6.20	A8 V
Mukayese (C1)	6328	153897	17 01 09.63	+27 11 48.00	6.57	F5 V
Denet (C2)	6533	159139	17 31 49.57	+28 24 26.80	5.66	A1 V

CN Draconis, DQ Cephei ve V620 Herculis yıldızlarının fotometrik gözlemleri 1999 yılında toplam 8 gece olarak yapılmış ve gözlem tarihleri çizelge 3.3.'de verilmiştir. Seçilen yıldızların mukayese yıldızlarına göre ölçülen parlaklık farkları Δm , değişen yıldızın mukayese yıldızına ait parlaklık değeri matematiksel olarak çıkarılarak elde edilmiştir.

Her gözlem gecesi için mukayese yıldızlarına ait sönmülleme katsayıları hem B hemde V renkleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sönmülleme katsayıları bulunduğundan sonra, gözlenen parlaklık farklarından atmosfer sönmülleme etkisi arındırılmıştır (Hardie 1962). Atmosfer sönmülleme etkisi arındırıldıktan sonra gözlem zamanları güneş merkezine indirgenerek düzenlenmiştir. Denet yıldızlarının atmosfer dışına indirgenmiş parlaklıklarından yararlanarak gözlemlerin standart hataları hesaplanmıştır. Elde edilen değerler çizelge 3.4.'de sunulmuştur. Hatalar hesaplanırken her gece yapılan gözlem için ayrı ayrı hata değerleri bulunmuştur fakat çizelge 3.4.'de sunulan hata değerleri, gözlenen yıldızın mukayese yıldızına ait olan tüm gecelerin ortalamasının hatalarıdır.

Çizelge 3.3. Gözlem tarihleri

Yıldız Adı	Tarih	Gözlem Sayısı
CN Draconis	14 / 15 Ağustos 1999	174
	15 / 16 Ağustos 1999	186
	16 / 17 Ağustos 1999	122
	17 / 18 Ağustos 1999	198
DQ Cephei	22 / 23 Temmuz 1999	90
	18 / 19 Ağustos 1999	204
V620 Herculis	20 / 21 Temmuz 1999	64
	23 / 24 Temmuz 1999	80

Delta Scuti yıldızlarının en önemli özellikleri sahip oldukları zonklama dönemlerinin kısa olmasıdır. Bu yüzden bu yıldızların sahip oldukları değişimlerin daha farkedilebilir olması için fotometrik gözlemleri "Fast Fotometri" tekniği ile yapılmalıdır. Seçilen bu yıldızların gözlemlerinde V; değişen yıldız, C1; mukayese yıldızı, C2; denet yıldızı ve SKY; gök değeri olmak üzere kullanılan gözlem sırası C1 V V V SKY V V V C1 şeklindedir. Bu sıra bir set olarak adlandırılmaktadır. Her iki set gözleminden sonra denet yıldızı da gözlenmiş ve kullanılan sıra C1 V C2 V SKY V C2 V C1 olarak değiştirilmiştir.

Çizelge 3.4. Yapılan gözlemlere ait standart hata değerleri

Yıldız Adı	B Bandı	V Bandı
CN Draconis	± 0.0002	± 0.0242
DQ Cephei	± 0.0027	± 0.0005
V620 Herculis	± 0.0098	± 0.0057

3. 1. 3. Işık eğrileri

3. 1. 3. 1. CN Draconis

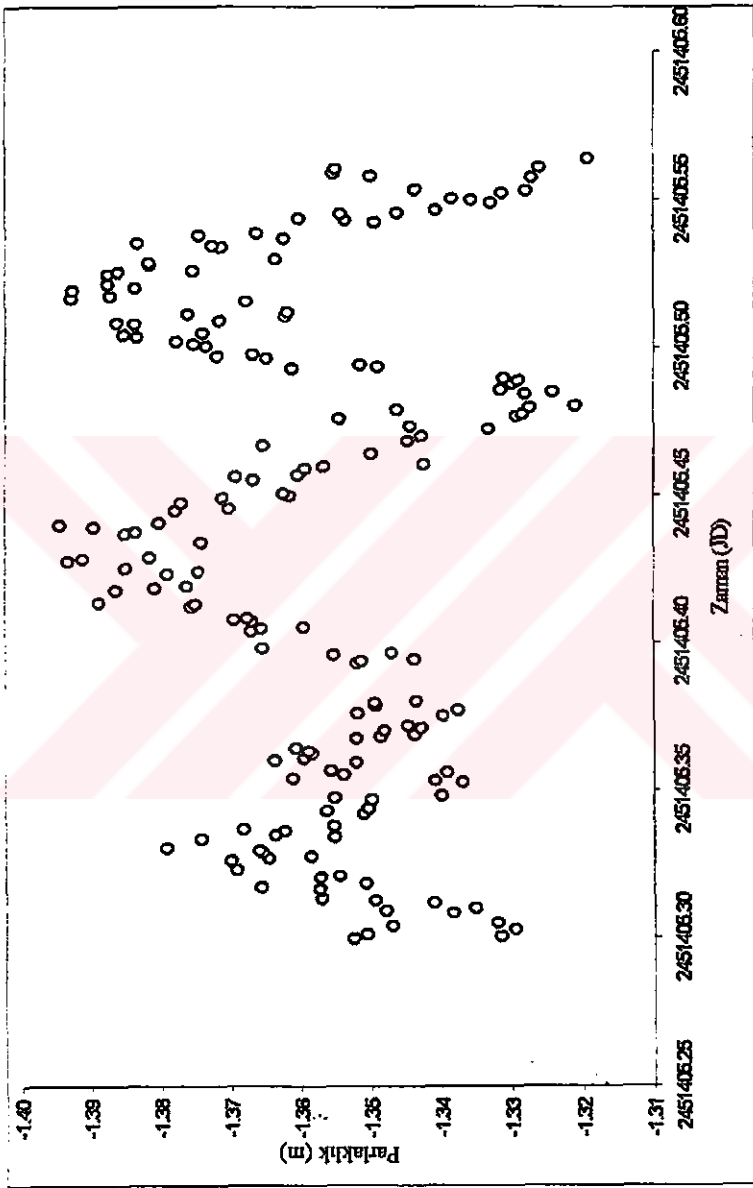
CN Draconis yıldızı, gözlem programında yapılan fotometrik gözlemler sırasında toplam dört gece gözlenmiştir. Her gecenin gözlemleri gözlem tarihlerine karşılık gelen Jülyen gününe (güneş merkezine indirgenmiş) karşı indirgenmiş parlaklıklar olarak grafike edilmiş ve yıldıza ait B ve V filtrelerinde yeni ışık eğrileri elde edilmiştir. Işık eğrileri şekil 3.1., 3.3., 3.5., 3.7.'de B renginde, şekil 3.2., 3.4., 3.6., 3.8.'de V renginde olmak üzere gösterilmiştir. Yıldızın ışık eğrilerinin genlik ve şekil bakımından değişim gösterdiği görülmüştür. CN Draconis yıldızının ışık eğrilerine ilişkin maksimum ve minimum parlaklık değerleri ile en büyük genlikler çizelge 3.5. ve çizelge 3.6.'de sunulmuştur.

Çizelge 3.5. CN Draconis'in B bandındaki ışık eğrilerine ilişkin değerler

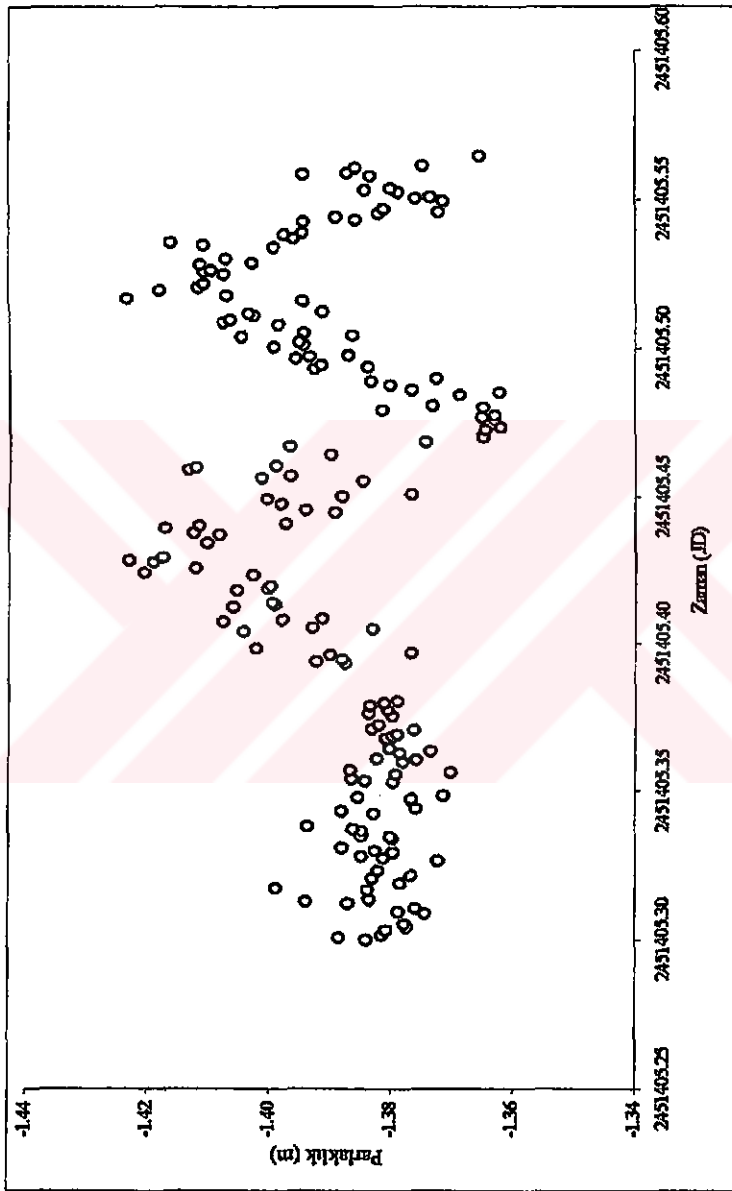
Tarih	Mak. Parlaklık	Min. Parlaklık	Genlik
14 - Ağustos - 1999	-1.325	-1.395	0.07
15 - Ağustos - 1999	-1.310	-1.390	0.08
16 - Ağustos - 1999	-1.315	-1.395	0.08
17 - Ağustos - 1999	-1.330	-1.410	0.08

Çizelge 3.6. CN Draconis'in V bandındaki ışık eğrilerine ilişkin değerler

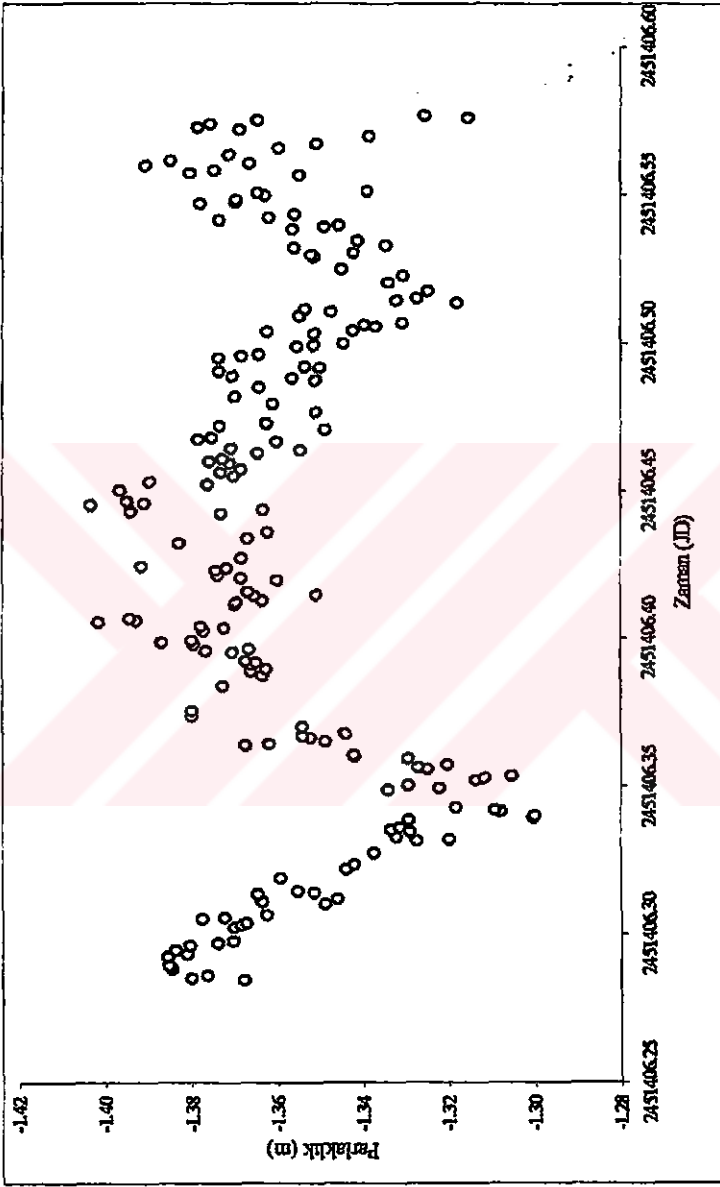
Tarih	Mak. Parlaklık	Min. Parlaklık	Genlik
14 - Ağustos - 1999	-1.360	-1.420	0.08
15 - Ağustos - 1999	-1.350	-1.420	0.07
16 - Ağustos - 1999	-1.310	-1.390	0.08
17 - Ağustos - 1999	-1.340	-1.430	0.09



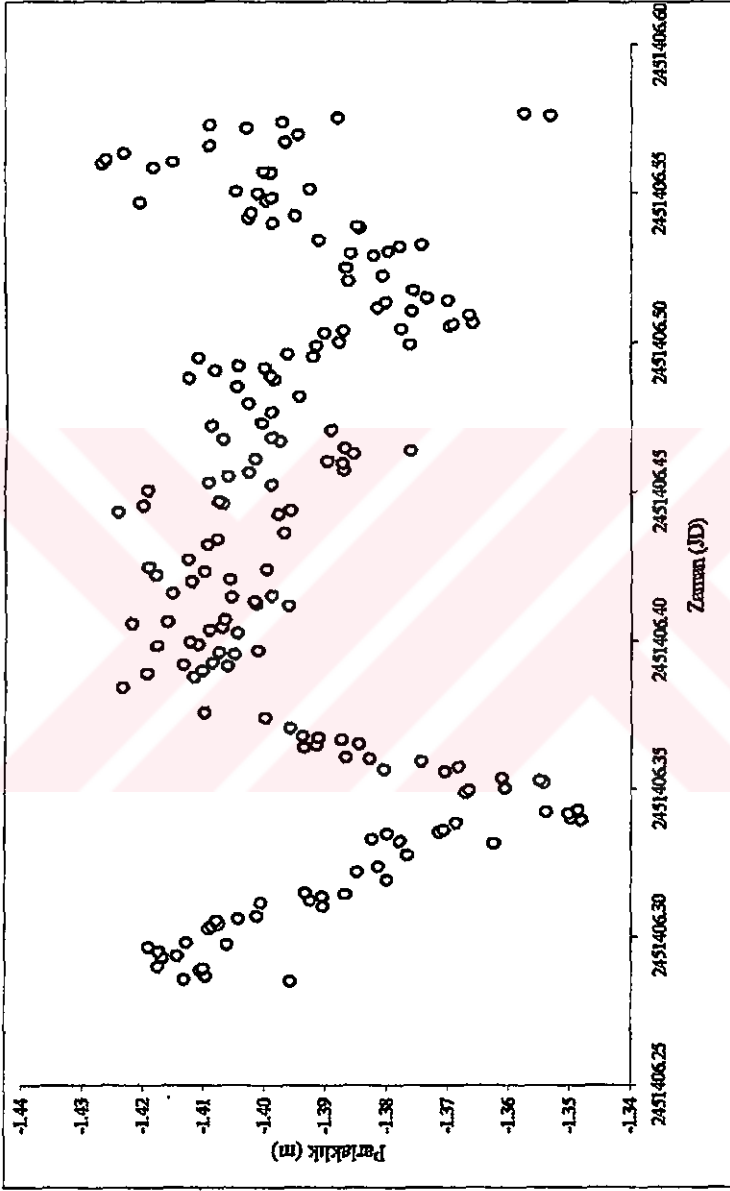
Şekil 3.1. CN Draconis'in 14/15 Ağustos 1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi



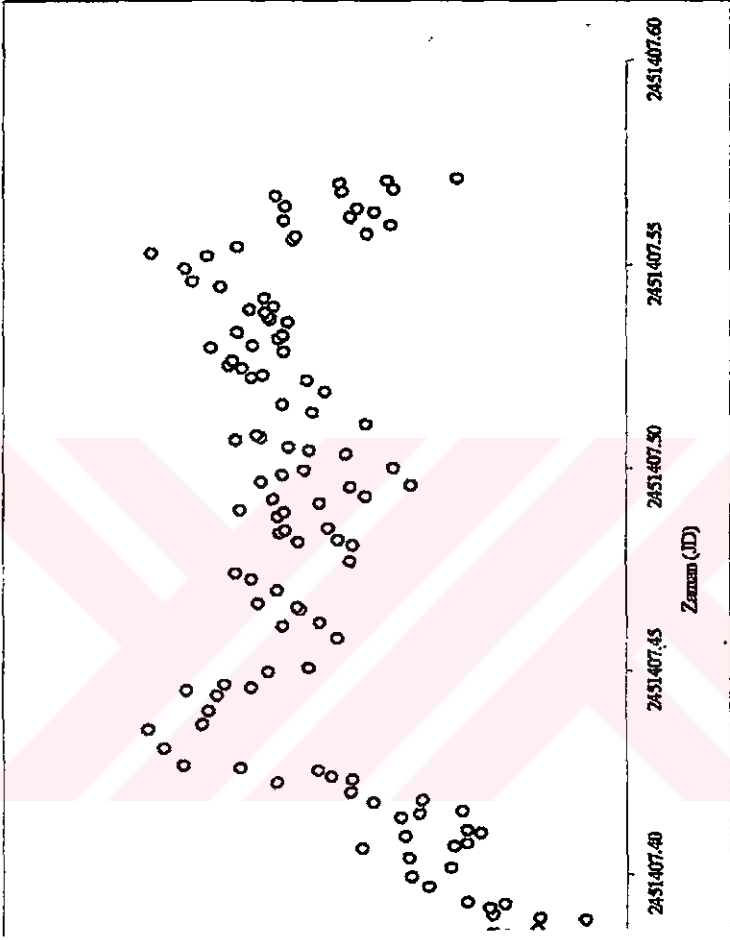
Şekil 3.2. CN Draconis'in 14/15 Ağustos 1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi



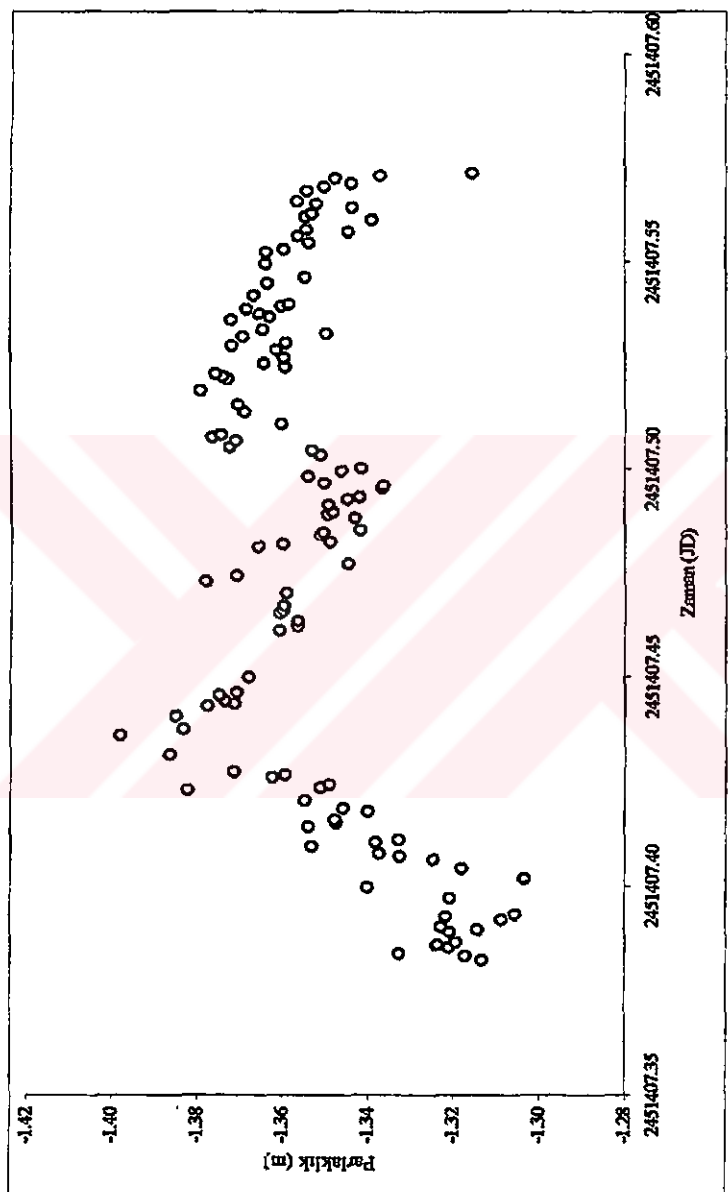
Şekil 3.3. CN Draconis'in 15/16 Ağustos 1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi



Şekil 3.4. CN Draconis'in 15/16 Ağustos 1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi



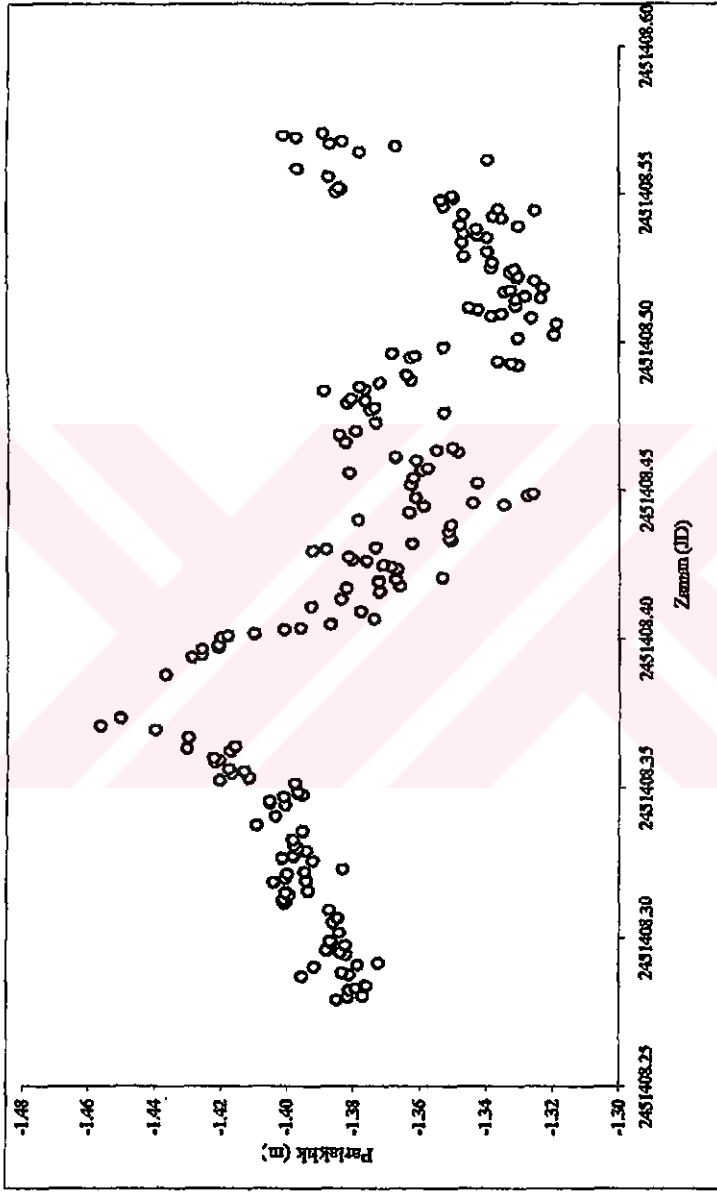
s'in 16/17 Ağustos 1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi



Şekil 3.6. CN Draconis'in 16/17 Ağustos 1999 tarihinde V bantındaki ışık eğrisi



Şekil 3.7. CN Draconis'in 17/18 Ağustos 1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi



Şekil 3.8. CN Draconis'in 17/18 Ağustos 1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi

3. 1. 3. 2. DQ Cephei

Fotometrik gözlem programına alınan bir diğer yıldız olan DQ Cephei toplam iki gece gözlenmiştir. Elde edilen ışık eğrileri şekil 3.9., 3.11.'da B renkleri, şekil 3.10., 3.12.'de V renkleri olmak üzere gösterilmiştir. Yıldızın ışık eğrilerinden görüleceği gibi şekil ve genlik çevrimden çevrime değişim göstermektedir. Işık eğrilerinin biçimlerinde görülen bu değişim yıldızın birden fazla modla zonklama yaptığının bir göstergesidir. Bu yıldızın ışık eğrilerine bakıldığında (özellikle 18 Ağustos 1999 tarihli) yıldızın iki modla zonklama yaptığı varsayılabilir. Ancak yıldızın gerçekten kaç moda sahip olduğu sadece analizler somucunda belirlenebilir. Bunun nedeni ise ışık eğrisinde birbirini söndüren veya birbiri ile birleşen modların olma olasılığıdır. Böyle durumlar ışık eğrisine farklı şekilde yansır. Birbirini söndüren modların bir araya gelmesi ile büyük modun genişliğinin küçüldüğü veya hemen hemen sıfır olduğu, birleşen modların bir araya gelmesi ile genişliğin daha da arttığı görülür. Bunlar yalnızca ışık eğrisine bakarak karar vermenin neden yanlış sonuçlar doğurabileceğinin kanıtları sayılabilir.

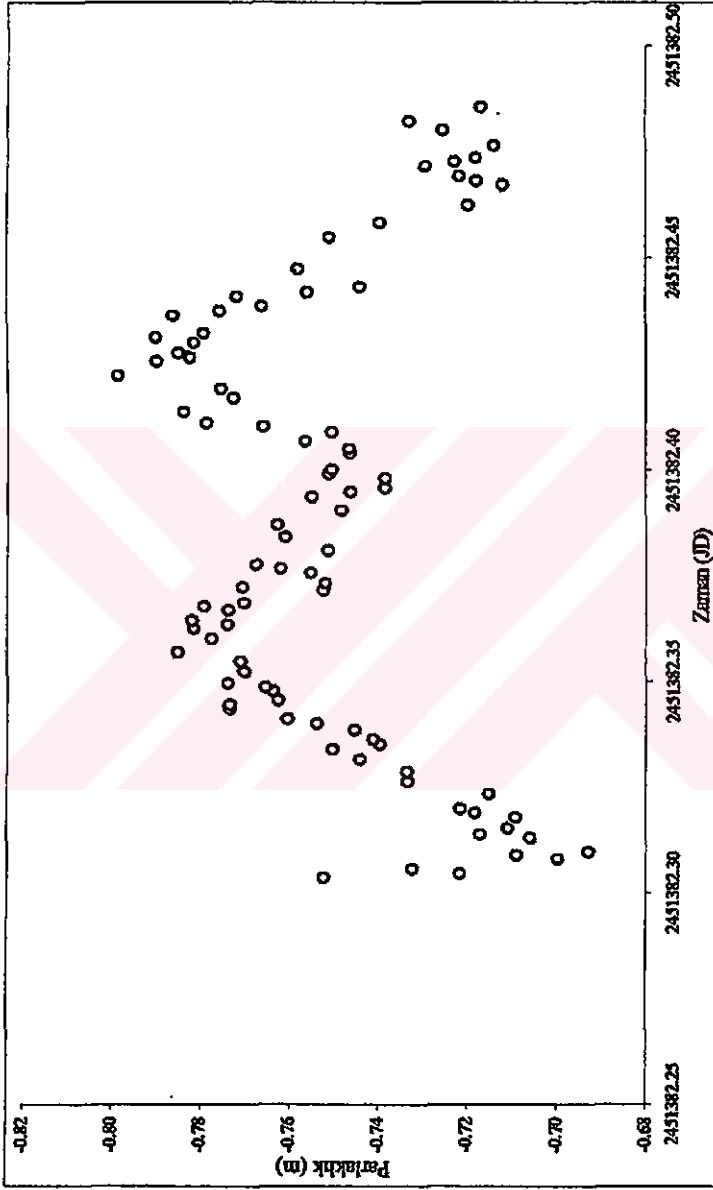
Çizelge 3.7. ve çizelge 3.8., DQ Cephei yıldızına ait (B ve V bandlarında) maksimum ve minimum parlaklık değerleri ile en büyük genlikleri göstermektedir.

Çizelge 3.7. DQ Cephei'nin B bandındaki ışık eğrilerine ilişkin değerler

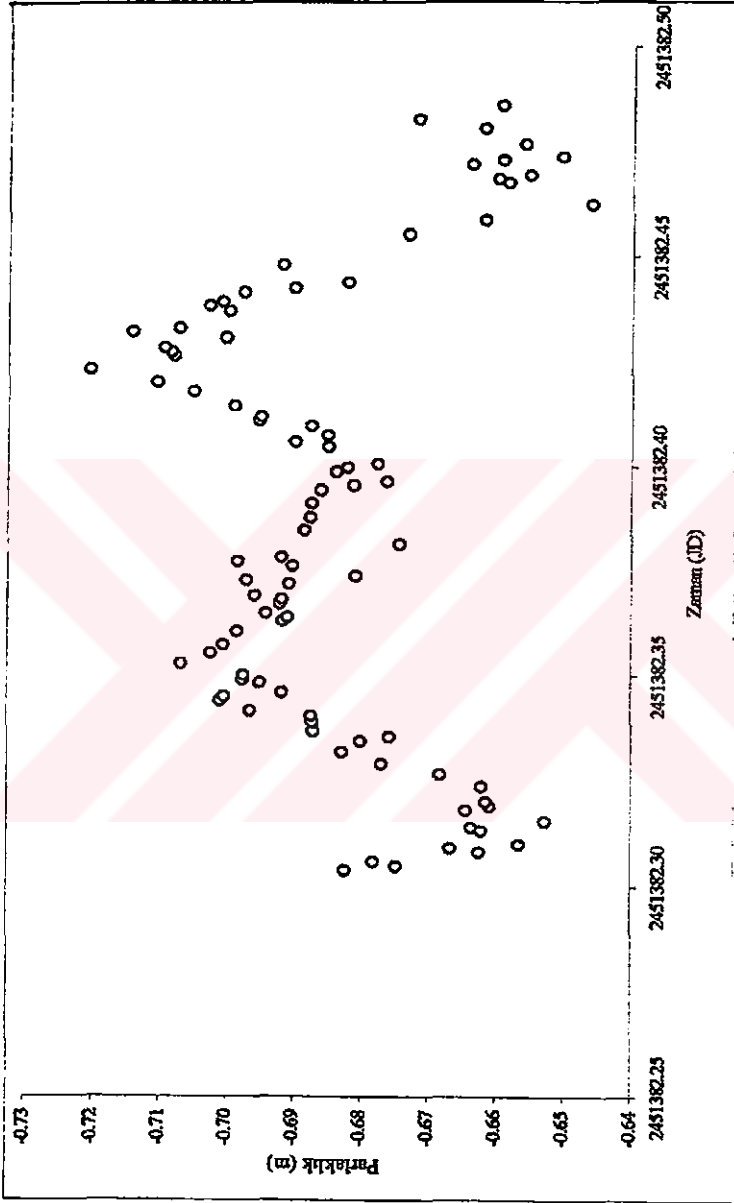
Tarih	Mak. Parlaklık	Min. Parlaklık	Genlik
22 - Temmuz -1999	-0.71	-0.78	0.07
18 - Ağustos -- 1999	-0.72	-0.80	0.08

Çizelge 3.8. DQ Cephei'nin V bandındaki ışık eğrilerine ilişkin değerler

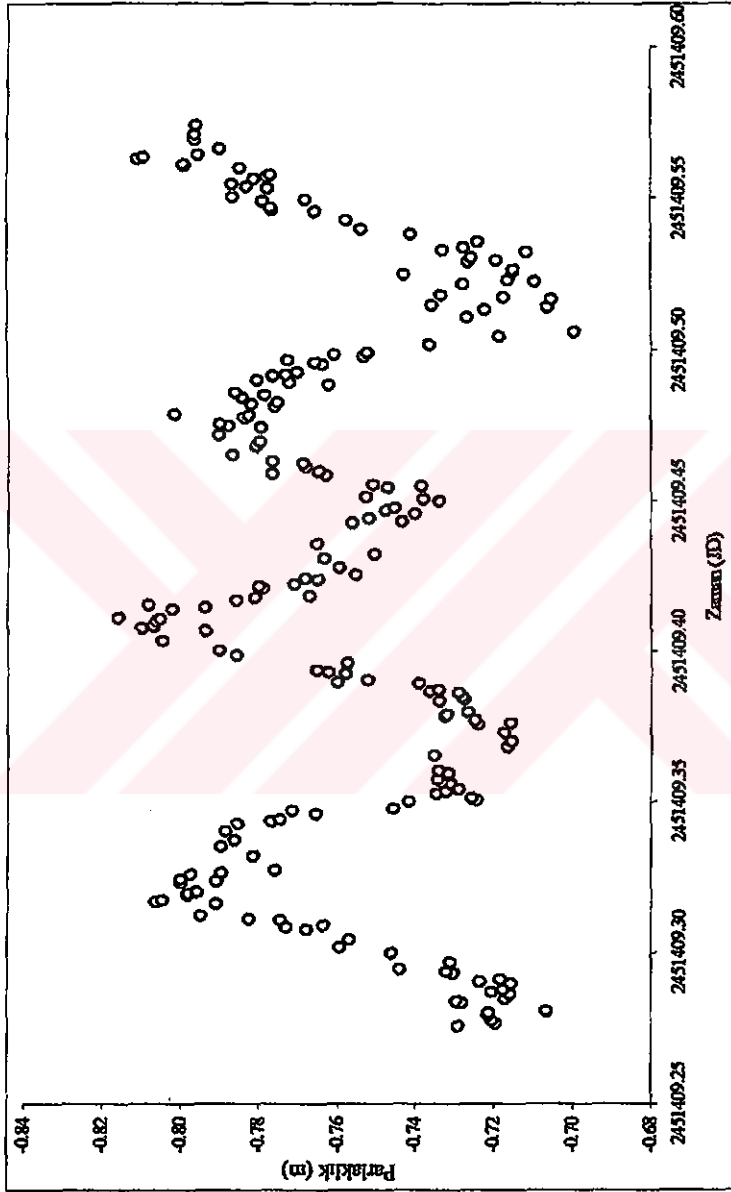
Tarih	Mak. Parlaklık	Min. Parlaklık	Genlik
22 - Temmuz -1999	-0.66	-0.72	0.06
18 - Ağustos -- 1999	-0.65	-0.72	0.07



Şekil 3.9. DQ Cephei'nin 22/23 Temmuz 1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi



Şekil 3.10. DQ Cephei'nin 22/23 Temmuz 1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi



Şekil 3.11. DQ Cephei'nin 18/19 Ağustos 1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi



Şekil 3.12. DQ Cephei'nin 18/19 Ağustos 1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi.

3. 1. 3. 3. V620 Herculis

V620 Her yıldızı gözlem programına alınan üçüncü ve son yıldızdır. Bu yıldız iki gece fotometrik olarak gözlenmiştir. Yapılan indirgemeler sonucunda gözlem programında V620 Herculis için seçilen denet yıldızından şüphelenilmiş, analizlerin yanlış sonuçlar doğurabileceği düşünülüp yıldızın gözlemlerinden vazgeçilmiş ve bu yıldız dönem analizi uygulanmamıştır. Fakat yıldızla ait ışık eğrilerine bakıldığında yıldızda bir değişim olduğu açıktır. Şekil 3.13., 3.14., 3.15., 3.16. elde edilen ışık eğrilerini göstermektedir.

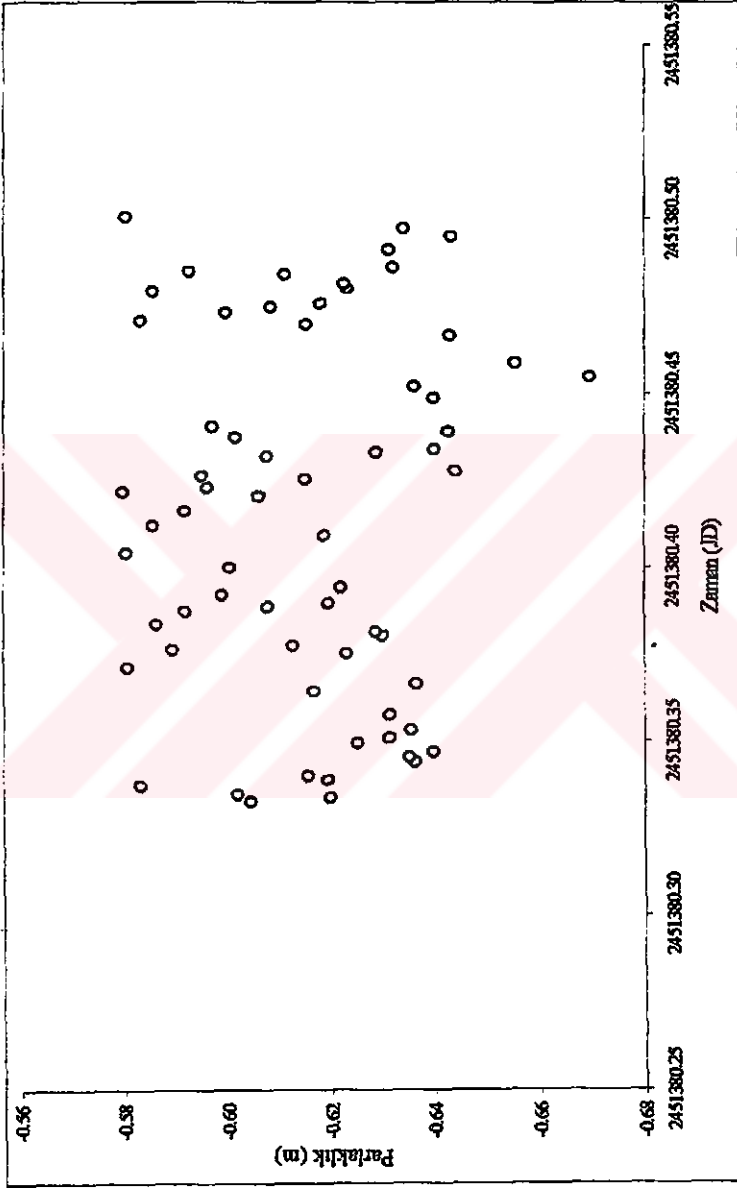
3. 2. Yöntem

Bir değişen yıldızın zamana bağlı parlaklık ölçümlerinden onun döneminin, çoğul dönemli ise dönemlerinin nasıl belirleneceği gökbilimin en önemli sorunlarından biri olmuştur. Bir yıldızın çeşitli t_i zamanlarında ölçülen parlaklıkları $m(t_i)$ ($i = 1, 2, 3, \dots, N$) ise, bu değer yıldızın gerçek parlaklığı m_g ile rastgele gözlemsel yanığı R 'nin birleşimi şeklinde olmalıdır. Buna göre,

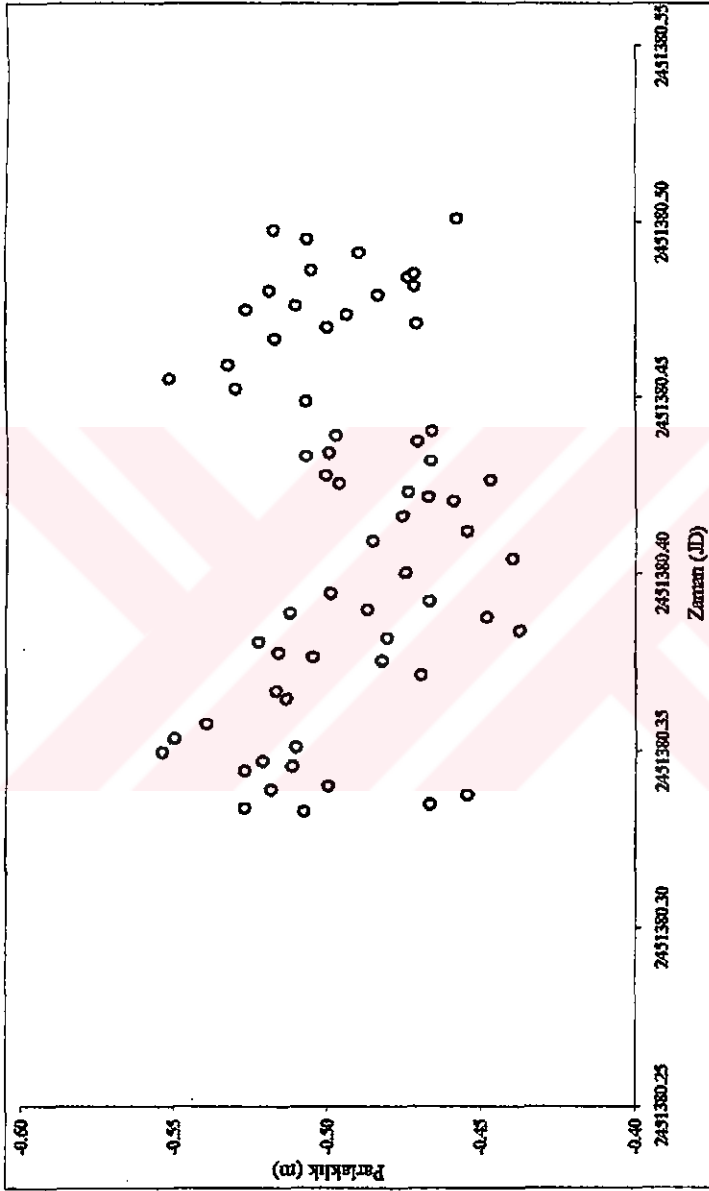
$$m(t_i) = m_g(t_i) + R(t_i)$$

yazılabilir. Burada rastgele yanığı genellikle "gürültü" olarak adlandırılmaktadır. $m_g(t_i)$ 'nin dönemli olup olmadığı nasıl ortaya koyabilir; dönemli ise dönemini ve genliğini nasıl belirlenebilir?

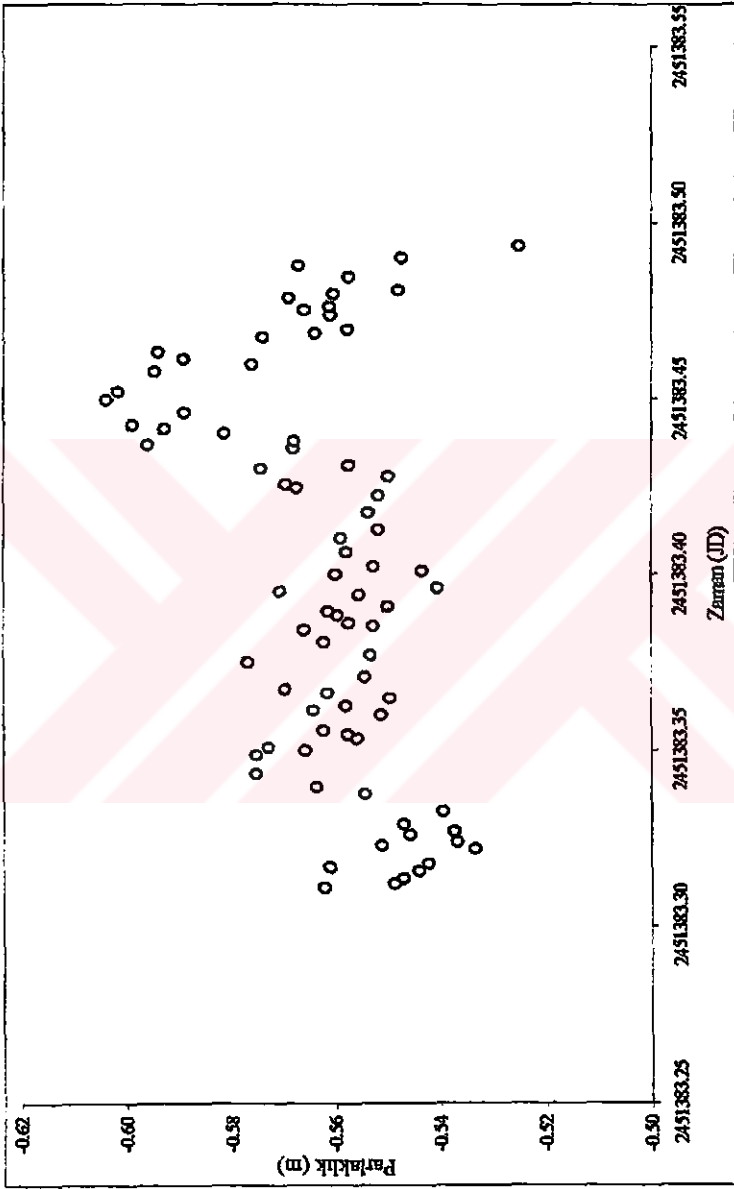
Değişen yıldızlarda gözlenen gerçek parlaklık değişiminin döneminin bulunması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan en çok kullanılanlar, gözlem noktalarına en iyi uyan çeşitli dönemlerdeki sinüs eğrilerinin bulunmasına dayanan yöntemlerdir. Bu yöntemlerden başlıcaları Lailier ve Kinman (1965), Deeming (1977), Stellingwerf (1978b), Scargle (1982), Roberts et al. (1987), Swingler (1985,1989) ve Bregler (1989)'e ilişkin olanlardır.



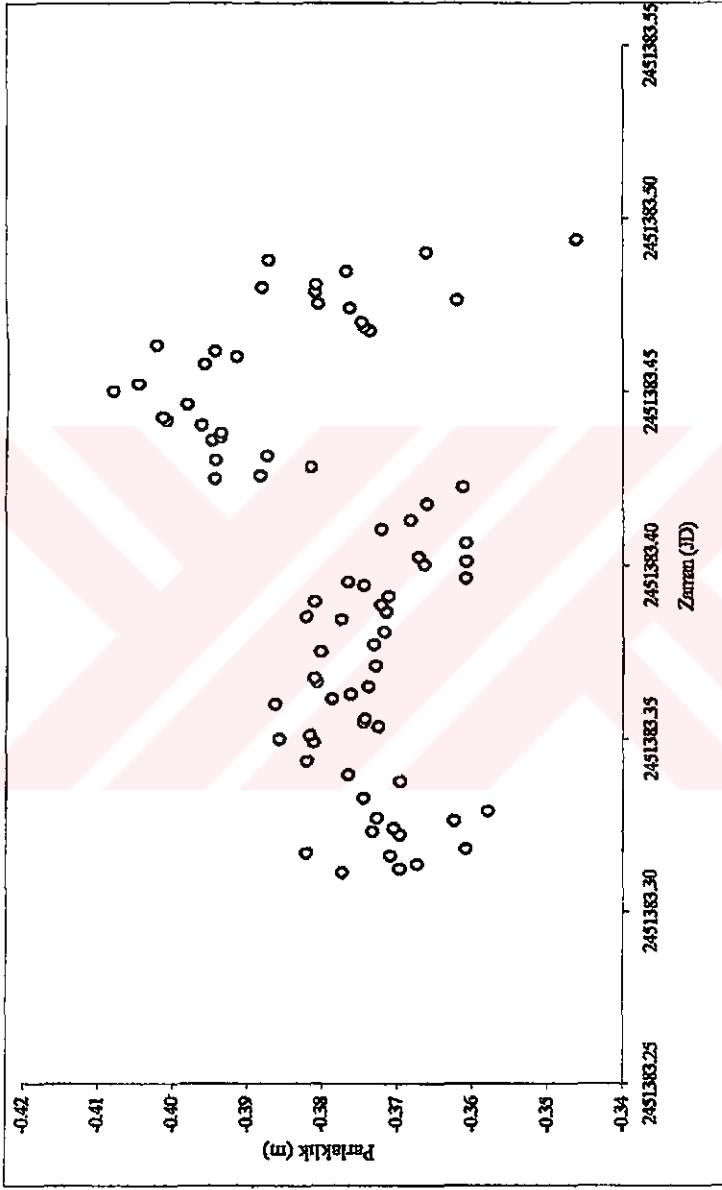
Şekil 3.13. V620 Heroules'in 20/21 Temmuz 1999 tarihinde v bandındaki ışık eğrisi



Şekil 3.14. V620 Herculis'in 20/21 Temmuz 1999 tarihinde b bandındaki ışık eğrisi



Şekil 3.15. V620 Herculis'in 23/24 Temmuz 1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi



Şekil 3.16. V620 Herculis'in 23/24 Temmuz 1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi

Bu yöntemleri iki sınıfa ayırma olanağı vardır. Laler-Kinman sınıfı denilen yöntemler çeşitli dönemlerle kuramsal ışık eğrilerinin elde edilerek gözlenen eğrilerle karşılaştırılması ve sapmaların minimuma indirilmesine dayanır. Deeming türü yöntemler ise kesikli Fourier dönüşüm yöntemleri olarak bilinir. İkinci sınıfta toplanan bu yöntemler, çok sayıda dönemle Fourier serisini kullanarak gözlemlerle en iyi uyuşmayı sağlamaya çalışır. Bu çalışmada Delta Scuti yıldızlarının genellikle çoğul dönemli değişimler gösterdiğinden dolayı Deeming türü yöntemler üzerinde sonuçlara ulaşmak amaçlanmıştır. Gerçek verilere Fourier analiz tekniklerinin uygulanması konusunda iki düşünce yaygındır.

Bir $f(t)$ fonksiyonunun Fourier dönüşümü,

$$F_v = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{i2\pi vt} dt$$

ile verilir. Belli t_k zamanlarında elde edilen, toplam veri uzunluğu T olan N gözlemden $f(t)$ fonksiyonunun integrali ile F değeri bulunmalıdır. Yukarıdaki dönüşümle veriler zaman yerine frekansla temsil edilmektedir. Böylece verilerdeki özgün zaman ölçekleri yani frekanslar bulunabilecektir. İkinci düşünce birincisinden tamamen farklı kökene dayanmasına karşın, verilerin birinci yöntemle tersinden yaklaşan bir modelle temsil edilmesidir.

T uzunluğundaki gözlem verisi için sonlu Fourier dönüşümü,

$$F_T(v) = \int_{-T/2}^{+T/2} f(t) e^{i2\pi vt} dt$$

şeklinde yazılabilir. Öte yandan $t_j = t_0 + k\Delta t$, ($k = 1, 2, 3, \dots$) olmak üzere kesikli Fourier dönüşümü,

$$F_N(v) = \sum_{k=1}^N f(t_k) e^{i2\pi vt_k}$$

dir. Bu iki dönüşüm birbirlerine benzeşmesine karşın ikinci bağıntı Δt içermediğinden boyut bakımından birincisinden farklıdır. Sürekli gözlem verilerine sahip olunmadığından daha çok kesikli dönüşümle ilgilenilmiştir. Bir $f(t)$ fonksiyonunun ν_0 frekanslı bir kosinüs dalgası ile $\nu = \nu_0$ ve $\nu = -\nu_0$ yöresinde $F_T(\nu)$ ve $F_N(\nu)$ dönüşümlerinin genlikleri sıfırdan farklıdır. O halde Fourier serisi gözlem verilerinde bir frekansın varlığını ve genliğini bulmamızı sağlayabilir. Çoğul dönem olma durumunda da ν_i frekanslarını belirleme olanağı vardır. Ancak, sonlu gözlem uzunluğu ve kesikli veri örnekleme durumunda bu frekansları belirleme olanağı güçleşir. Frekanslar arasındaki girişim onların belirlenmesini zorlaştırır. Girişimin iki olasılığı vardır. Birincisi, yakın frekansların girişimi olarak adlandırılır. Bu tayfsal pencere ile tanımlanır ve sonlu veri uzunluğunun bir ürünüdür. İkincisi, birbirlerinden uzak frekansların girişimidir. Veri uzayının ürünü olan bu girişime ALIASING de denir. Kesintisiz olarak alınmış verilerde bu girişim görülmez iken eşit aralıklarla alınmış gözlem verilerinde etki en büyük değerini alır (Akan, M. C. 1991).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. DQ Cephei

DQ Cephei yıldızına ait ışık eğrileri bir önceki bölümde gösterilmişti. Bu ışık eğrilerinde görüldüğü gibi yıldız sabit dönemli bir parlaklık değişimine sahip değildir. Parlaklık değişim genliği en çok $0^m.08$, en az $0^m.06$ olmuştur. Period 98 ve TS programlarından yararlanarak ışık eğrileri dönem analizinde kullanılmıştır. TS programı, Period 98 programında elde edilen sonuçları denetlemek amacı ile kullanılmıştır. Bu çalışmada sunulan sonuçlar Period 98 programı ile elde edilen sonuçlardır. Karşılaştırma açısından TS programı ile bulunan sonuçlarda belirtilecektir. Bu iki programdan elde edilen frekans, dönem ve genlik değerleri çizelge 4.1.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. DQ Cephei'nin dönem analizinde elde edilen değerler

Parametreler	Period 98	TS
1. Frekans ve dönem	12.35 φ/g , $0^s.0809$	12.37 φ/g , $0^s.0808$
2. Frekans ve dönem	8.61 φ/g , $0^s.1161$	8.49 φ/g , $0^s.1178$
1. Frekansa ait genlik	$0^m.024$	$0^m.024$
2. Frekansa ait genlik	$0^m.013$	$0^m.012$

Çizelge 4.1.'den görüldüğü gibi yıldızın ait frekans, dönem ve genlik değerlerinde çok büyük bir farklılık görülmemektedir. Elde edilen bu değerlere ilişkin hata değerleri çizelge 4.2.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Elde edilen frekanslara ait hata değerleri

HATA	Period 98	TS
1. Frekans için hata değeri	± 0.017	± 0.021
2. Frekans için hata değeri	± 0.008	± 0.028

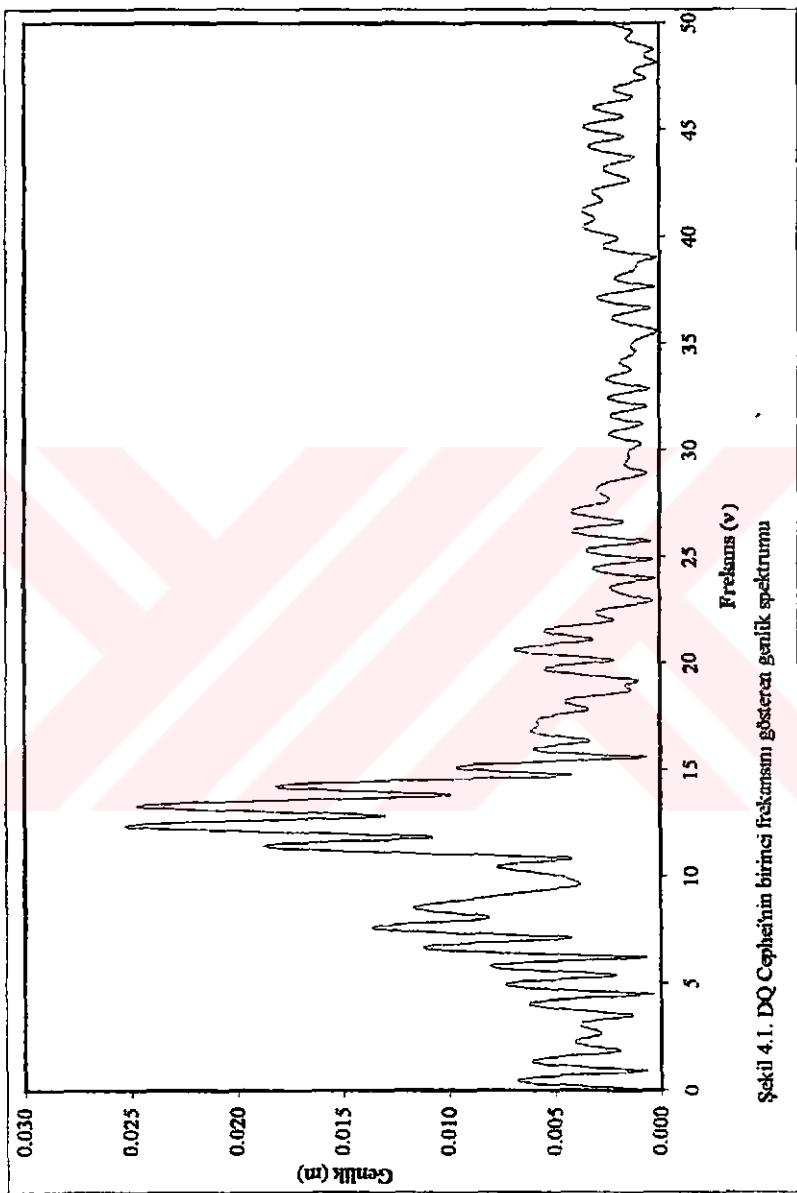
Hatalar bulunurken dönem analizi için kullanılan programlardan yararlanılmıştır. Çizelge 4.2.'de sunulan değerler, programlar tarafından hesaplanan hata değerleridir.

DQ Cephei yıldızına ait frekans değerlerinin bulunmasında Breger (1993) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Bu yönteme göre yıldızın ait genlik spektrumunda bulunan piklerden hangisinin veya hangilerinin sinyal / gürültü oranı 4 ve yukarısında ise o pik yıldızın ait frekans olabilir. Bu yöntemle göre yıldızın sahip olduğu frekans değerleri şu şekilde elde edilmiştir.

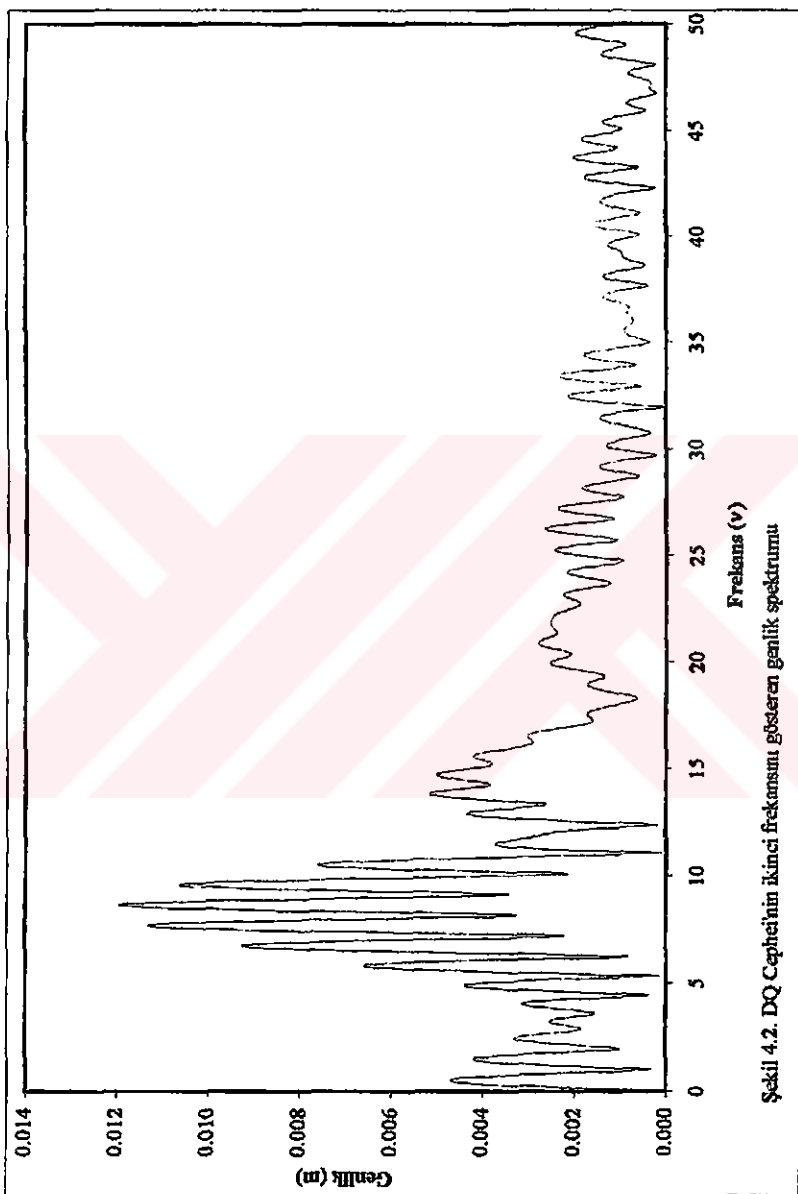
Öncelikle yıldızın ait genlik spektrumu oluşturulmuş ve grafike edilmiştir. Yıldızın sahip olabileceği en büyük frekans değeri Nyquist frekansı genlik spektrumunun yatay ekseninin son değerini belirler. Düşey eksen genlik değerlerinden oluşur. Bu çalışmada yatay eksen Nyquist frekansına kadar alınmış ve hesaplanmıştır fakat şekil gösterimlerinde yatay eksen elli değerinde kesilmiştir. Bunun nedeni ise elli değerinden sonra genlik değerlerinde fazla değişimin olmayışındandır. Şekil 4.1. ve 4.2., DQ Cephei yıldızının iki frekansı için genlik spektrumlarını göstermektedir.

Genlik spektrumları oluşturulduktan sonra yapılan gözlemlere karışan gürültü değerleri program kullanılarak hesaplanmıştır. Kriteria uygun olarak bulunan gürültü değerleri 4 ile çarpılmış, elde edilen eğri genlik spektrumu üzerine yerleştirilmiştir. Bu eğriyi alt limit değer olarak adlandırsak yanlış olmaz. Bu eğrinin üzerinde kalan piklerin yıldızın ait frekanslardan birisi olma ihtimali çok fazladır. Bu işlem eğrinin üzerinde pik kalmayacak şekilde sürdürülür.

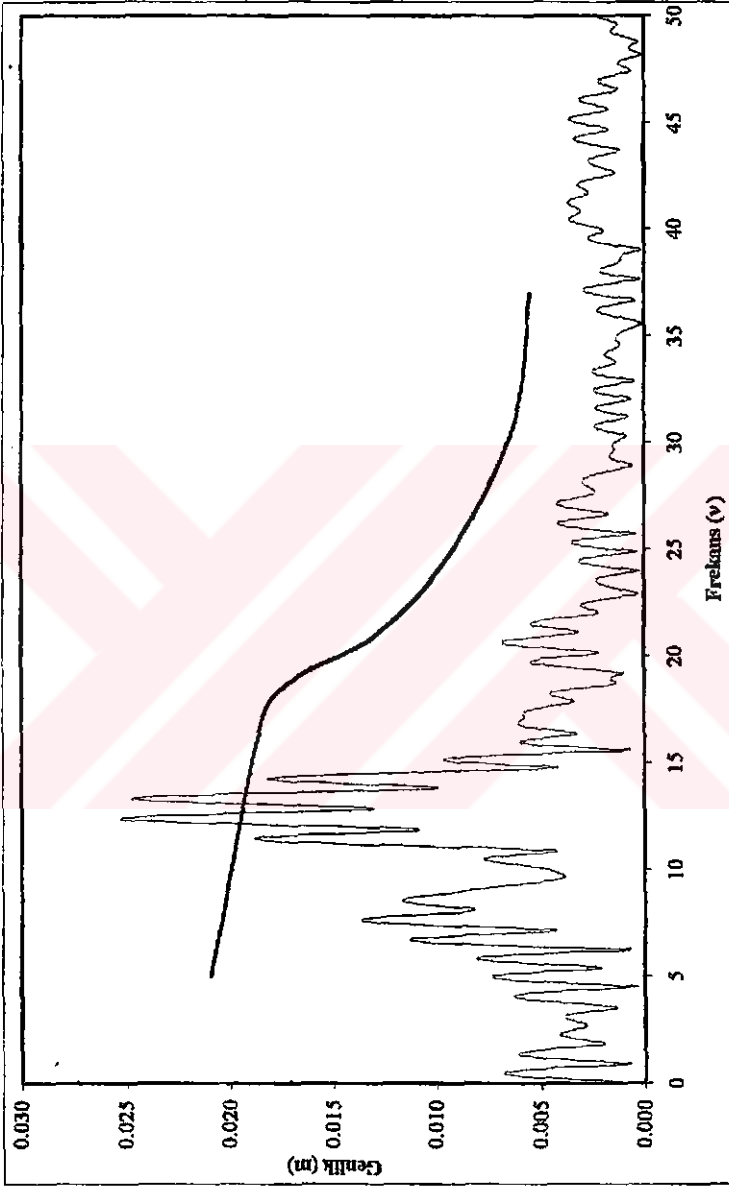
Bu yöntem ile DQ Cephei yıldızında iki farklı frekans elde edilmiştir. Üçüncü frekansın varlığı araştırılmış fakat üçüncü bir frekansa rastlanamamıştır. Şekil 4.3., 4.4. ve 4.5. sırası ile yıldızın ait frekansların ve alt limit değerlerinin gösterildiği genlik spektrumlarını göstermektedir. Şekil 4.5., üçüncü frekansın varlığının araştırması içindir. Şekilden görüleceği gibi alt limit değerinin üzerinde pik veya pikler bulunmamaktadır. Bu da üçüncü bir frekansın olmadığını göstergesidir.



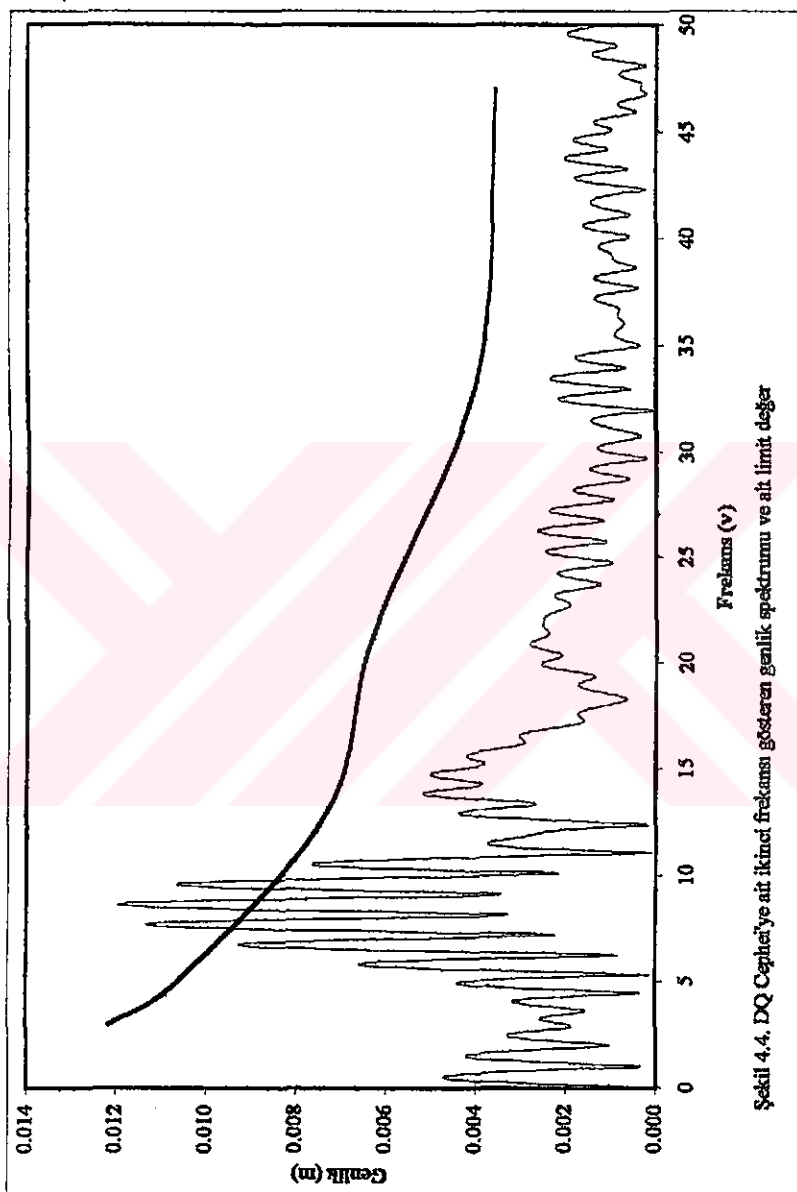
Şekil 4.1. DQ Cephesinin birinci frekansını gösteren genlik spektrumu



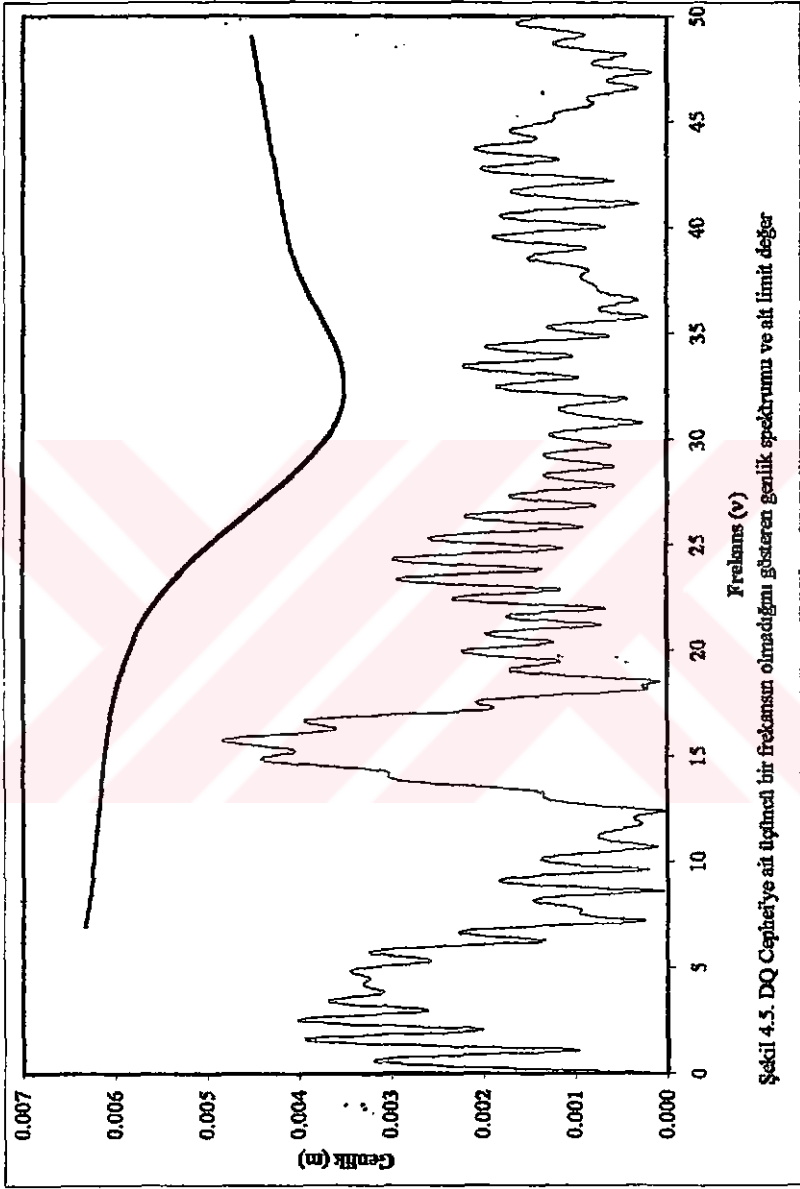
Şekil 4.2. DQ Cephei'nin ikinci frekansını gösteren genlik spektrumu



Şekil 4.3. DQ Cephei'ye ait birinci frekans gösteren genlik spektrumu ve alt limiti değeri



Şekil 4.4. DQ Cephei'ye ait ikinci frekansı gösteren genlik spektrumu ve ait limit değer



Şekil 4.5. DQ Cephesiye ait üçüncü bir frekansın olmadığını gösteren genlik spektrumunu ve alt limit değeri

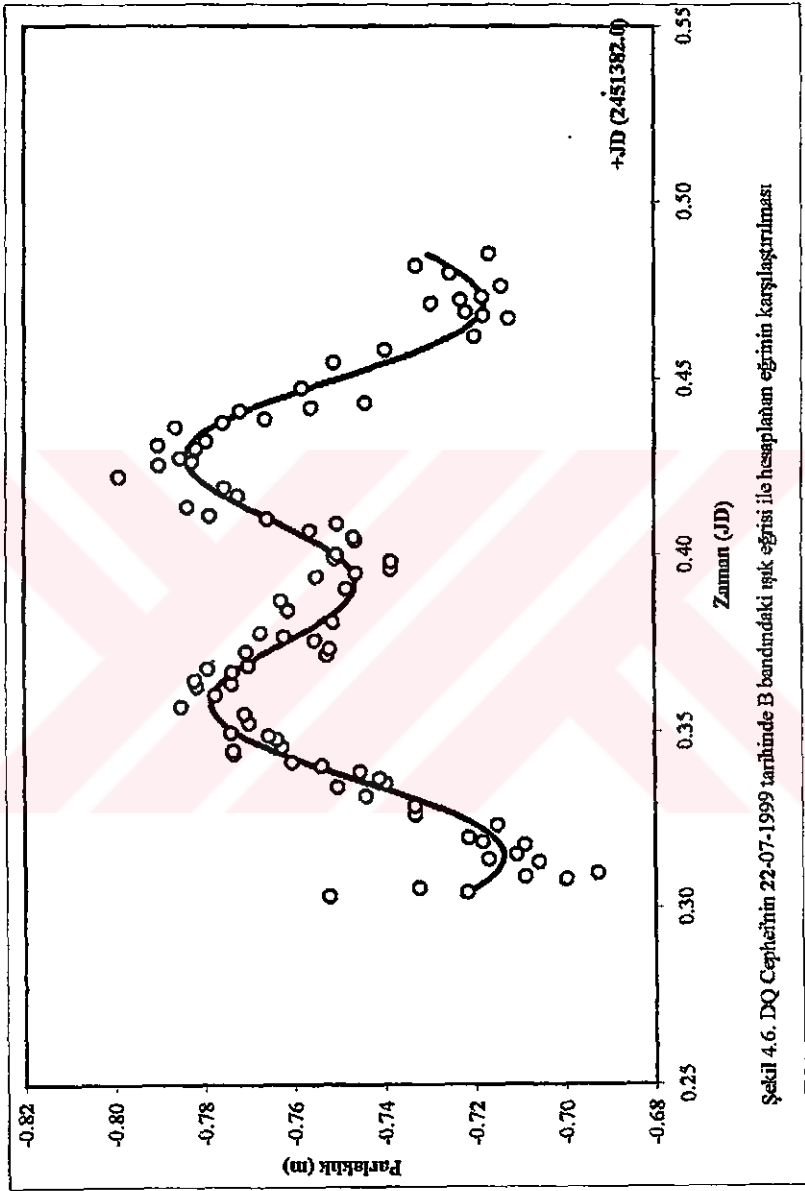
DQ Cephei yıldızının gözlemlerinden elde edilen ışık eğrileri ve bulunan frekanslar için program tarafından hesaplanan eğrilerin karşılaştırılması şekil 4.6., 4.8.'de B, 4.7. ve 4.9.'da V bandlarında olmak üzere ayrı ayrı gösterilmektedir. Gözlenen ve hesaplanan eğrilerin birbirleri ile uyum gösterdikleri görülmektedir. Yıldızın dönem analizi sırasında her gece için ayrı ayrı frekans değerleri bulunmuştur fakat daha anlamlı sonuçlar doğuracağına inanılan, geceleri birleştirme yöntemi ile frekanslar bulunup o değerler yıldıza ait frekanslar olarak kabul edilmiştir.

DQ Cephei yıldızına ait iki frekansın genliklerindeki değişimi Zhiping et al. (1998) incelemişlerdir. Yapılan bu çalışma 1951 ile 1997 yılları arasında kapsar. Zhiping et al. (1998)'a göre bu yıldızın iki frekansının genlik değerleri yıllara göre grafike edildiğinde 180° 'lik faz farkı gösterir. Ayrıca yaklaşık her 46 yılda bir eğrilerin kendilerini tekrar edeceğini belirtmişlerdir. Bizim çalışmamız, Zhiping et al. (1998)'in düşüncelerini doğrulamaktadır.

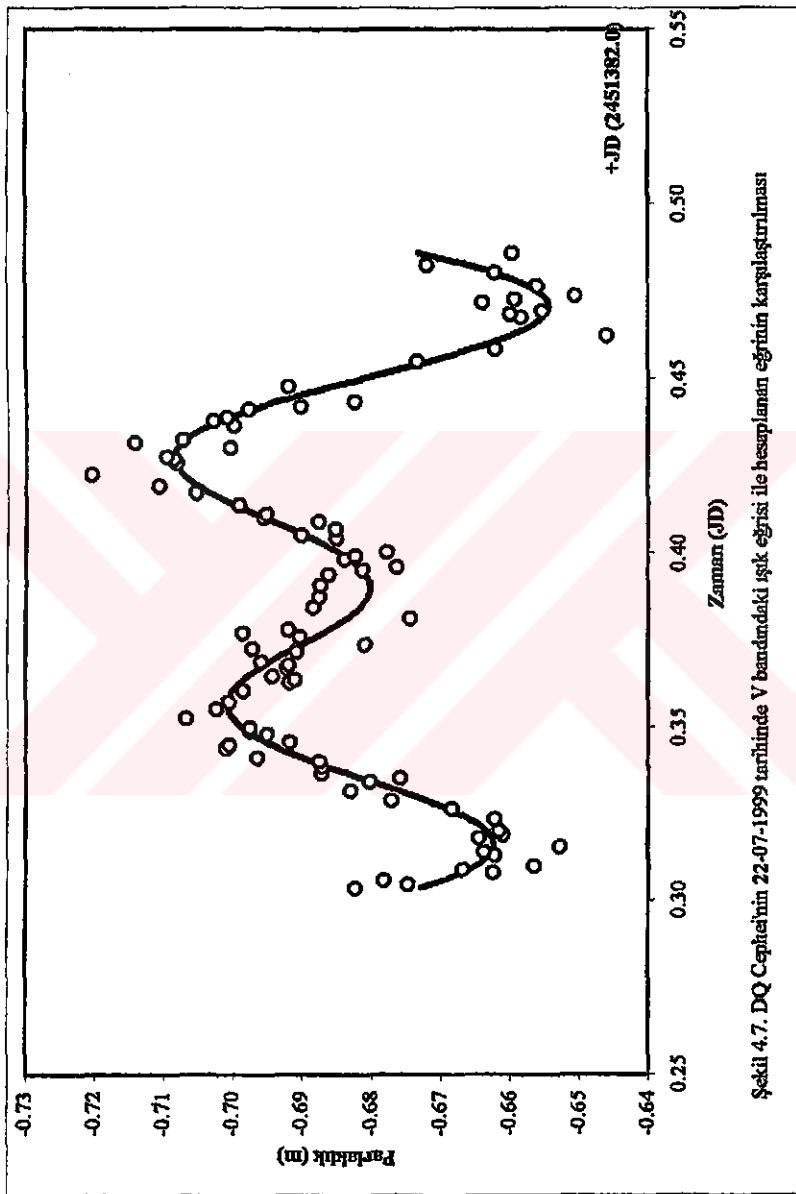
DQ Cephei yıldızının 1999 yılında yapılan fotometrik gözlemlerinden, her iki frekans için hesaplanan genlik değerleri Zhiping et al. (1998)'in çalışması ile birleştirildiğinde ortaya çıkan sonuç şekil 4.10.'de gösterilmektedir. Şekil 4.10.'den de görüleceği gibi yaklaşık her 46 yılda bir genliklere ait eğriler kendilerini tekrar eder. 1999 yılında her iki frekans için elde edilen genlik değerleri 1951 yılında bulunan değerlere oldukça yakındır. Bu şekilden görüleceği gibi birinci frekansın genlik değerinin değişimi ikinci frekansa göre daha hızlıdır. Bu önceki yıllara ait duruma da uymaktadır. Yaklaşık 46 yıllık bir dönemden sonra eğrilerin yönünün değişmesi eğriler arasında 180° 'lik bir faz farkının olduğunun göstergesi sayılabilir.

4.2. CN Draconis

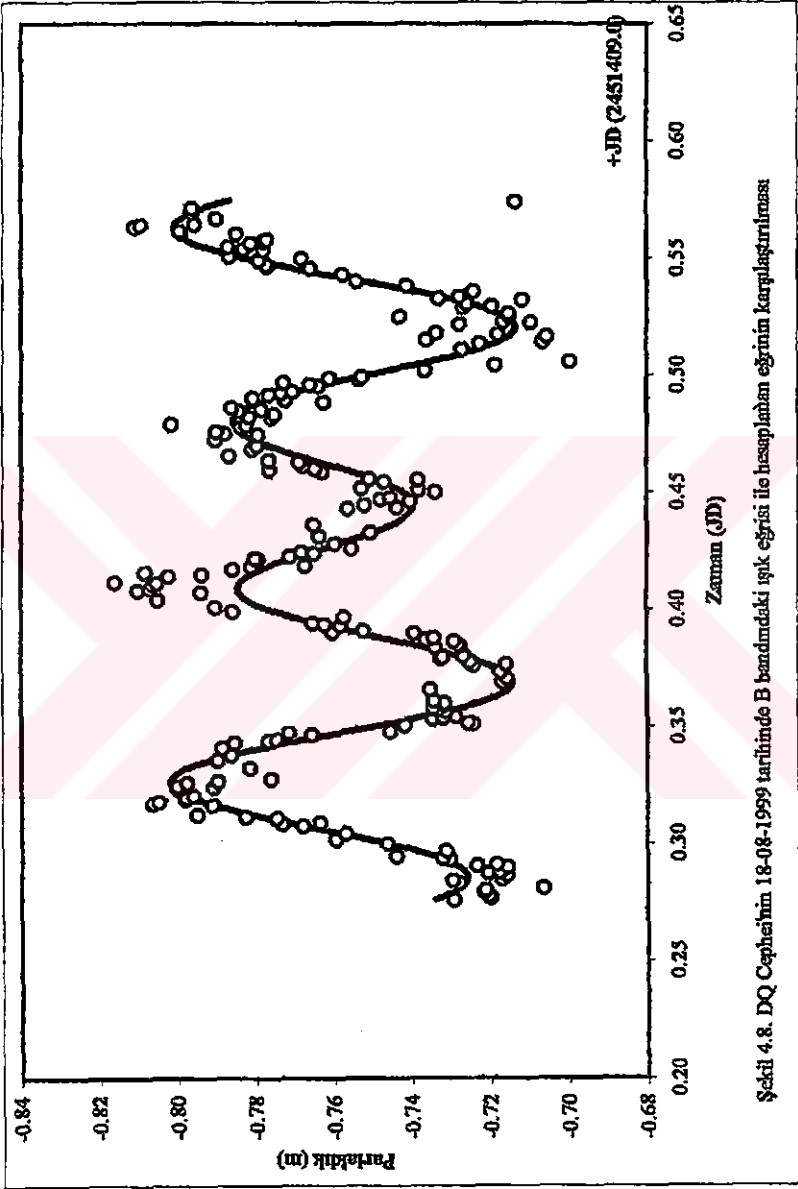
Gözlem programına alınan CN Draconis yıldızı toplam dört gece gözlenmiş ve ışık eğrileri bir önceki bölümde gösterilmiştir. Işık eğrilerinden görüldüğü gibi yıldız sabit dönemli bir ışık eğrisine sahip değildir. Parlaklık değişim genliği en çok $0^m.09$, en az $0^m.07$ olmuştur. Bu yıldız üzerinde ayrıntılı olarak yapılmış çalışma çok fazla değildir.



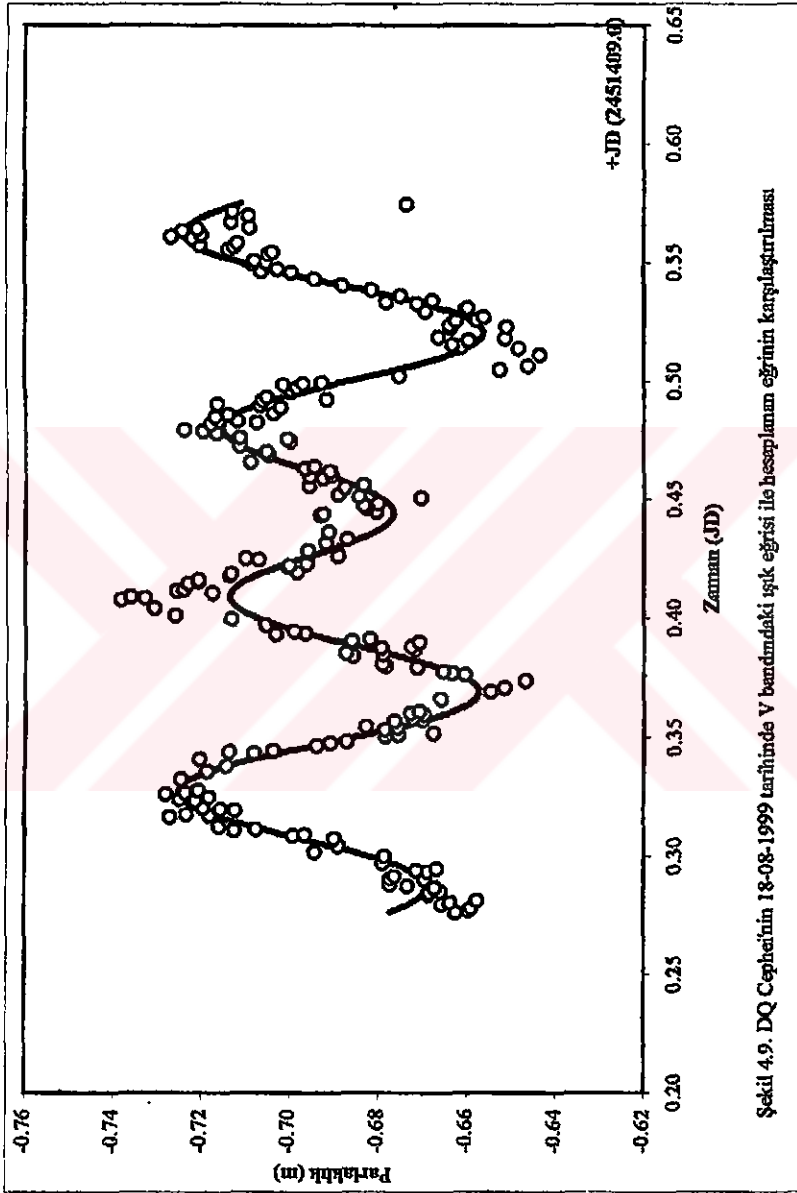
Şekil 4.6. DQ Cepheid'in 22-07-1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi ile hesaplanan eğrinin karşılaştırılması



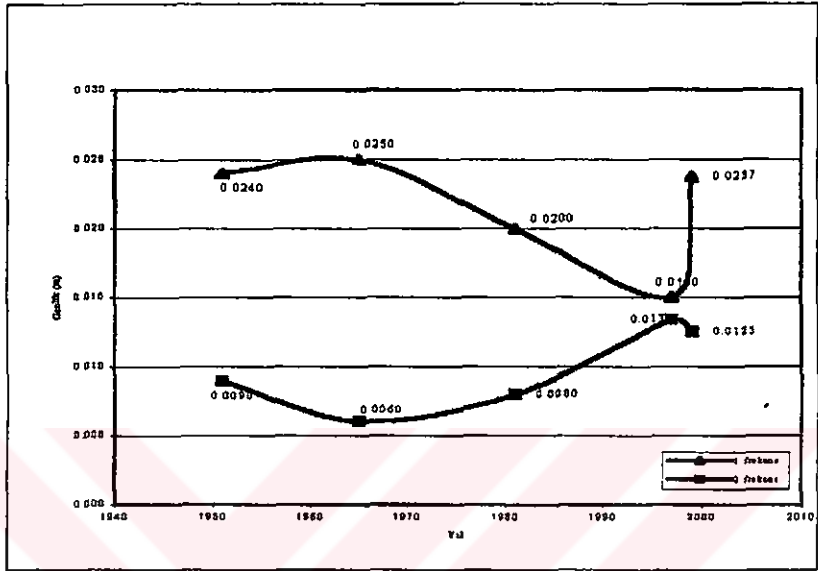
Şekil 4.7. DQ Cephei'nin 22-07-1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi ile hesaplanan eğrinin karşılaştırılması



Şekil 4.8. DQ Cephei'nin 18-08-1999 tarihinde B bantındaki ışık eğrisi ile hesaplanan eğrinin karşılaştırılması



Şekil 4.9. DQ Cephei'nin 18-08-1999 tarihinde V bantındaki ışık eğrisi ile hesaplanan eğrinin karşılaştırılması



Şekil 4.10. DQ Cephei'nin iki frekansının genlik değerlerinin zamana göre değişimi

Bu yıldız en son 1984 yılında gözlenmiş ve tek bir frekansa sahip olduğu İrkaev (1984) tarafından belirtilmiştir. Bu çalışmada da yıldıza ait dönem değeri bir tane bulunmuştur. Çalışmamızda yıldıza ait elde edilen frekans, dönem, genlik ve frekansa ait standart hata değerleri çizelge 4.3.'de sunulmuştur.

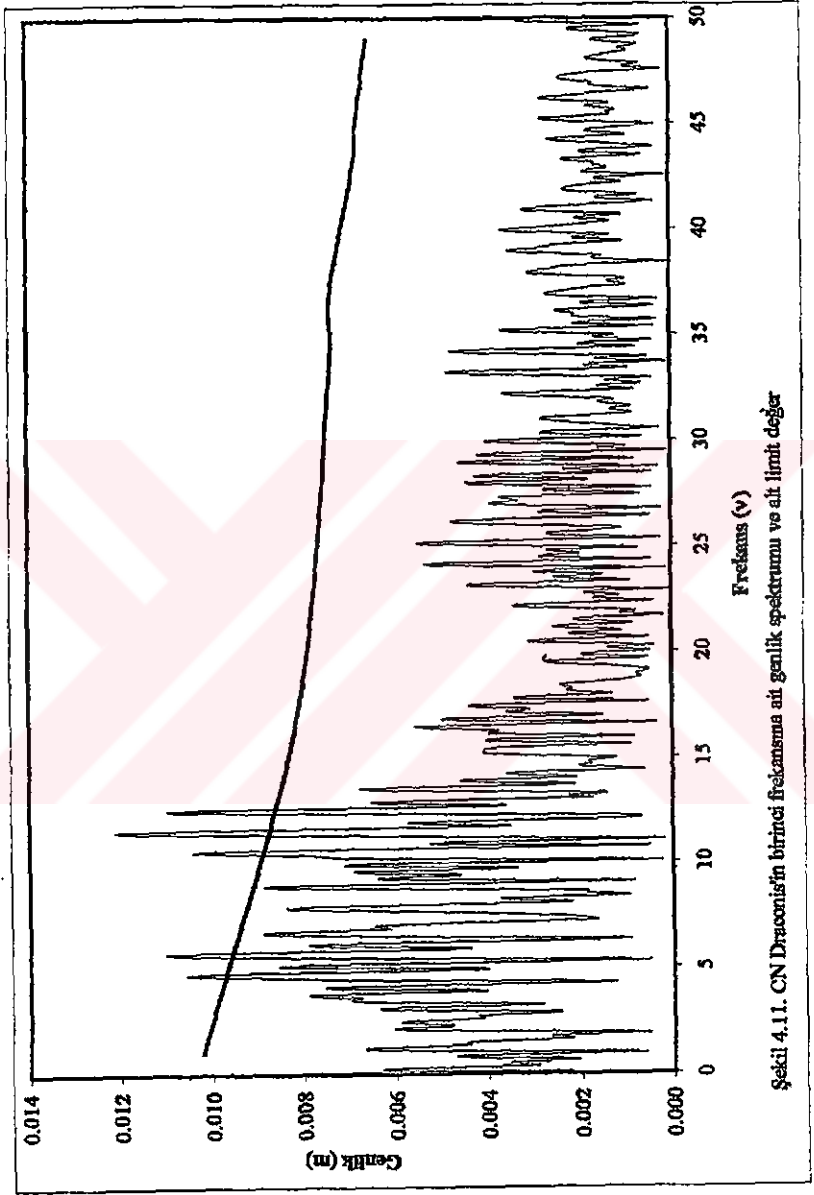
Çizelge 4.3.'den görüleceği gibi yine dönem analizinde kullanılan iki programın sonuçları arasında çok fazla farklılık yoktur. Bulunan hata değerleri programlar tarafından hesaplanan değerlerdir. Her iki yıldız için elde edilen bulgular yıldıza ait V bandındaki ışık eğrisi kullanılarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. CN Draconis'in dönem analizinde elde edilen değerler

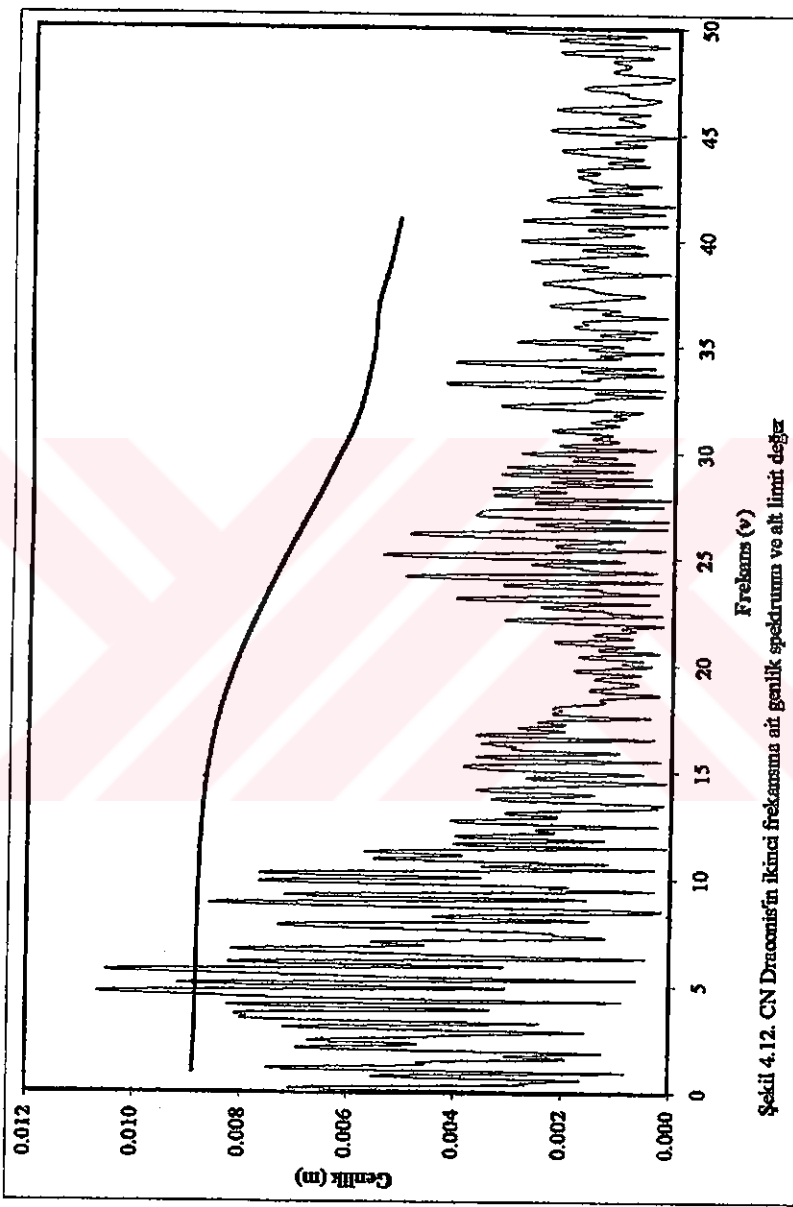
Parametreler	Period 98	TS
1. Frekans ve dönem	5.090 ç/g, 0 ^s .196	5.646 ç/g, 0 ^s .177
2. Frekans ve dönem	9.565 ç/g, 0 ^s .104	9.406 ç/g, 0 ^s .106
3. Frekans ve dönem	11.463 ç/g, 0 ^s .087	11.479 ç/g, 0 ^s .087
1. Frekansa ait genlik	0 ^m .011	0 ^m .018
2. Frekansa ait genlik	0 ^m .008	0 ^m .009
3. Frekansa ait genlik	0 ^m .012	0 ^m .016
1. Frekansa ait hata	± 0 ^m .0406	± 0 ^m .011
2. Frekansa ait hata	± 0 ^m .0723	± 0 ^m .014
3. Frekansa ait hata	± 0 ^m .0098	± 0 ^m .001

CN Draconis yıldızının dönem analizinde yine Breger (1993) tarafından önerilen kriter kullanılmıştır. Bu kritere göre yıldızın üç frekans ile zonklama yaptığı sonucuna varılmıştır. Bu yıldızın sahip olduğu üç frekansa ait genlik spektrumları alt limit değerleri ile birlikte şekil 4.11., 4.12. ve 4.13.'de gösterilmektedir. Ayrıca dördüncü bir frekansa sahip olmadığının göstergesi sayılabilecek genlik spektrumu ve alt limit değeri şekil 4.14.'da sunulmaktadır.

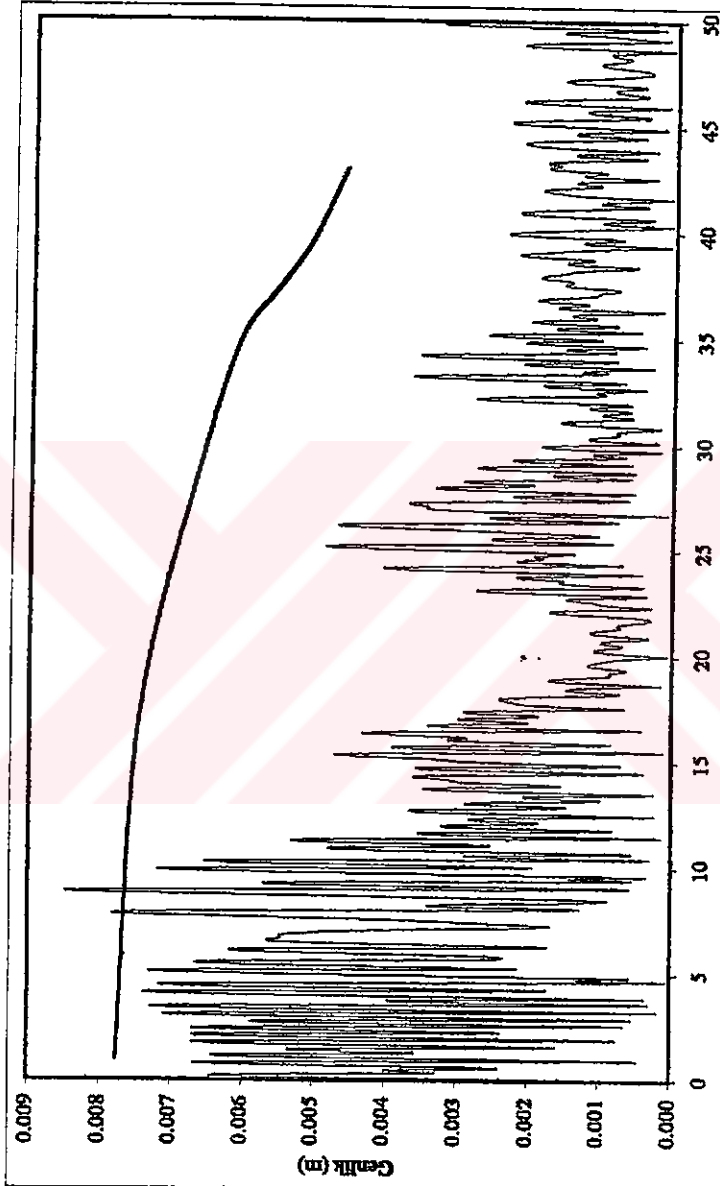
Bu yıldız için yapılan genlik spektrumu incelemesi sırasında, birinci frekansa ait genlik spektrumunda alt limit değerini geçtiği görülen pikler vardır. Bunlardan bir tanesi yıldızın birinci frekansıdır. Aslında bu tür bir araştırma yapılırken incelenen yıldızların birinci frekansının sahip olduğu genlik spektrumunun incelenmesi çok önemli değildir. Çünkü zonklama yapan yıldızlar olarak bilinen bu tür yıldızlar zaten en az bir frekansla zonklama yapmaktadır. İkinci ve üçüncü frekansların araştırılması yapılırken her iki frekans da alt limit değeri aşan pik veya pikler görülmektedir. Dolayısı ile CN Draconis yıldızının çoğul dönemli bir değişen olduğu açıktır. Şekil 4.14.'den görüleceği gibi yıldız dördüncü bir frekansa sahip değildir.



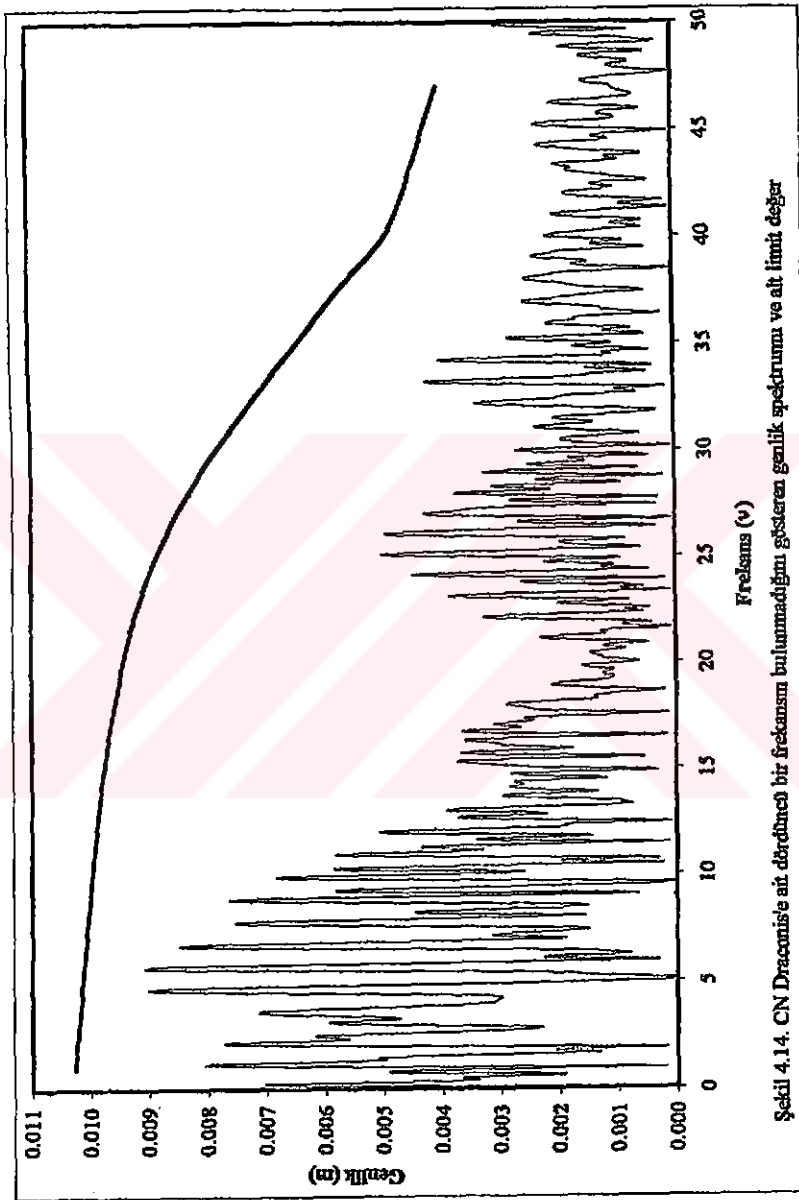
Şekil 4.1.1. CN Draconis'in birinci frekansına ait genlik spektrumu ve alt limit değeri



Şekil 4.12. CN Draconis'in ikinci frekansına ait genlik spektrumu ve alt limiti değeri



Şekil 4.13. CN Dronunün üçüncü frekansına ait genlik spektrumu ve alt limit değeri

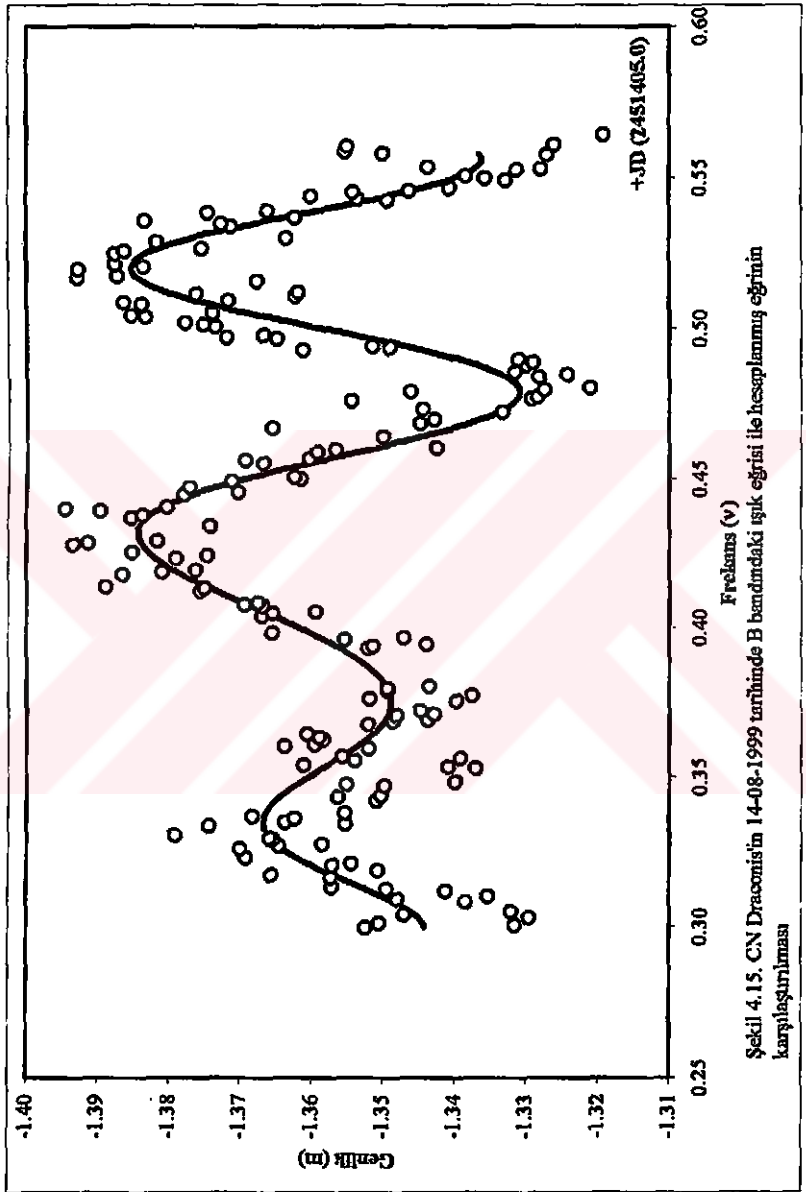


Şekil 4.14. CN Dracumis'e ait dördüncü bir frekansın bulunmadığını gösteren genlik spektrumu ve alt limiti değer

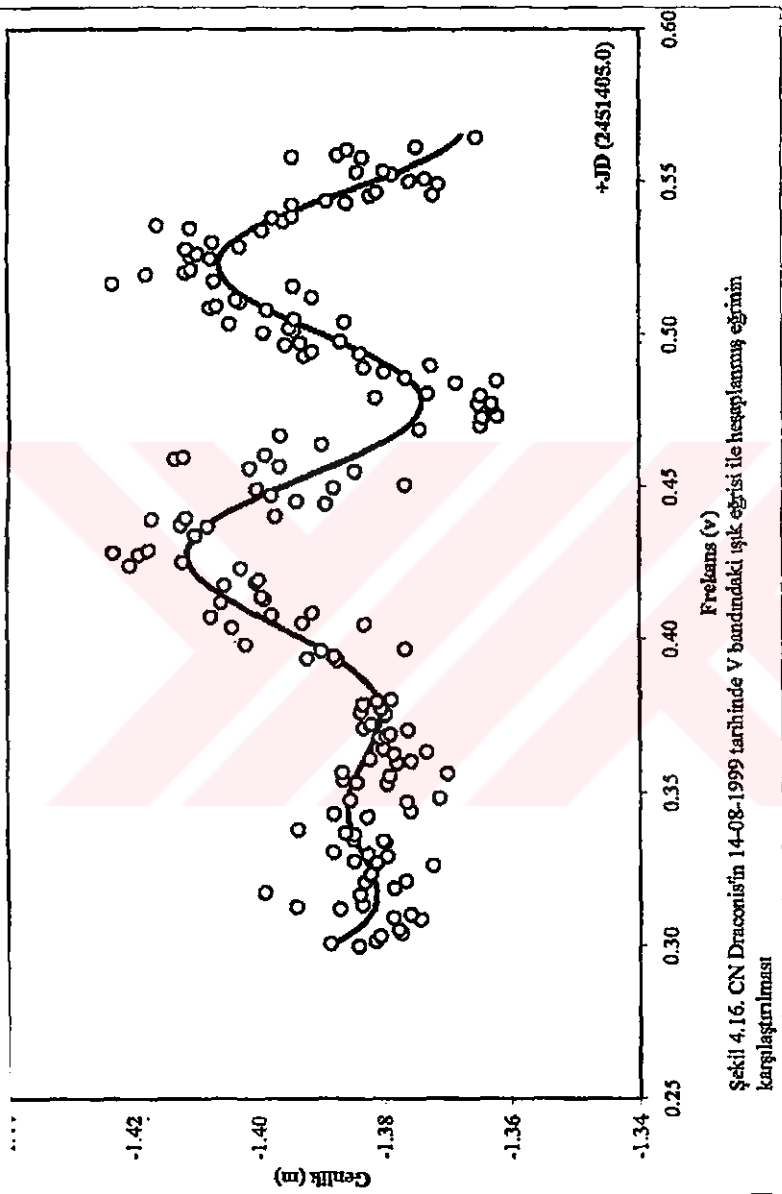
CN Draconis yıldızının gözleendiği her geceye ait ışık eğrilerinden ayrı ayrı frekans değerleri bulunmuştur. Daha önceden belirtildiği gibi birleştirilmiş ışık eğrilerinin sonuçları daha güvenilirdir. CN Draconis yıldızının gözlemlerinden elde edilen ışık eğrileri ve bulunan frekanslar için hesaplanan eğrilerin karşılaştırılması şekil 4.15., 4.17., 4.19. ve 4.21.'de B bandında, şekil 4.16., 4.18., 4.20. ve 4.22.'de V bandında olmak üzere ayrı ayrı gösterilmektedir. Bütün bu şekillerden gözlenen ve hesaplanan eğrilerin uyduğu görülmektedir. Toplam dört gece gözlenen yıldızın ışık eğrilerinin birleştirilmiş hali kullanılarak bulunan frekans değerleri, yıldıza ait frekans değerleri olarak kabul edilmiştir. Elde edilen frekanslar dört gözlem gününün birleşmesi ile ortaya çıkmıştır. Herhangi bir gece ışık eğrisinden çıkarılıp tekrar dönem analizi yapıldığında elde edilen ilk sonucun değişmediği görülmüştür.

4.3. V620 Herculis

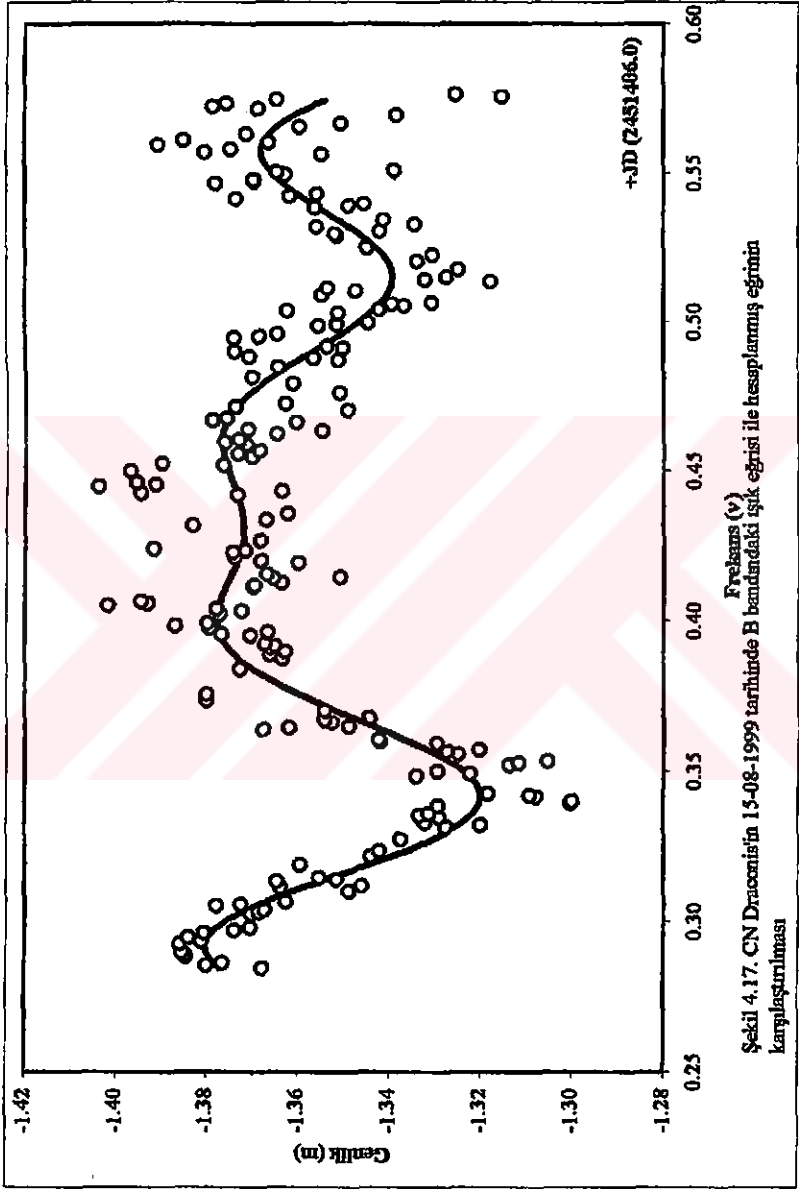
V620 Herculis yıldızı gözlem programına alınan son yıldızdır. Bu çalışmada V620 Herculis yıldızının seçiliş amacı, yıldızın çoğul dönemle zonklama yaptığının bilinmesidir. Bu yıldız en son detaylı olarak Breger et al. (1994) tarafından gözlenmiştir. Gözlem programında V620 Herculis yıldızı için mukayese ve denet yıldızı seçimleri Breger et al. (1994) tarafından seçilip gözlenen yıldızlar kullanılarak yapılmıştır. Bu yıldızın fotometrik gözlemlerinin indirgenmesi sırasında denet yıldızından şüphelenilmiştir. Denet yıldızının ışık eğrisi değişim göstermektedir. Bu değişimin V620 Herculis yıldızının indirgeme işlemlerine yansıtacağı ve yanlış sonuçlar doğuracağı düşünülüp bu yıldıza dönem analizi uygulanmamıştır.



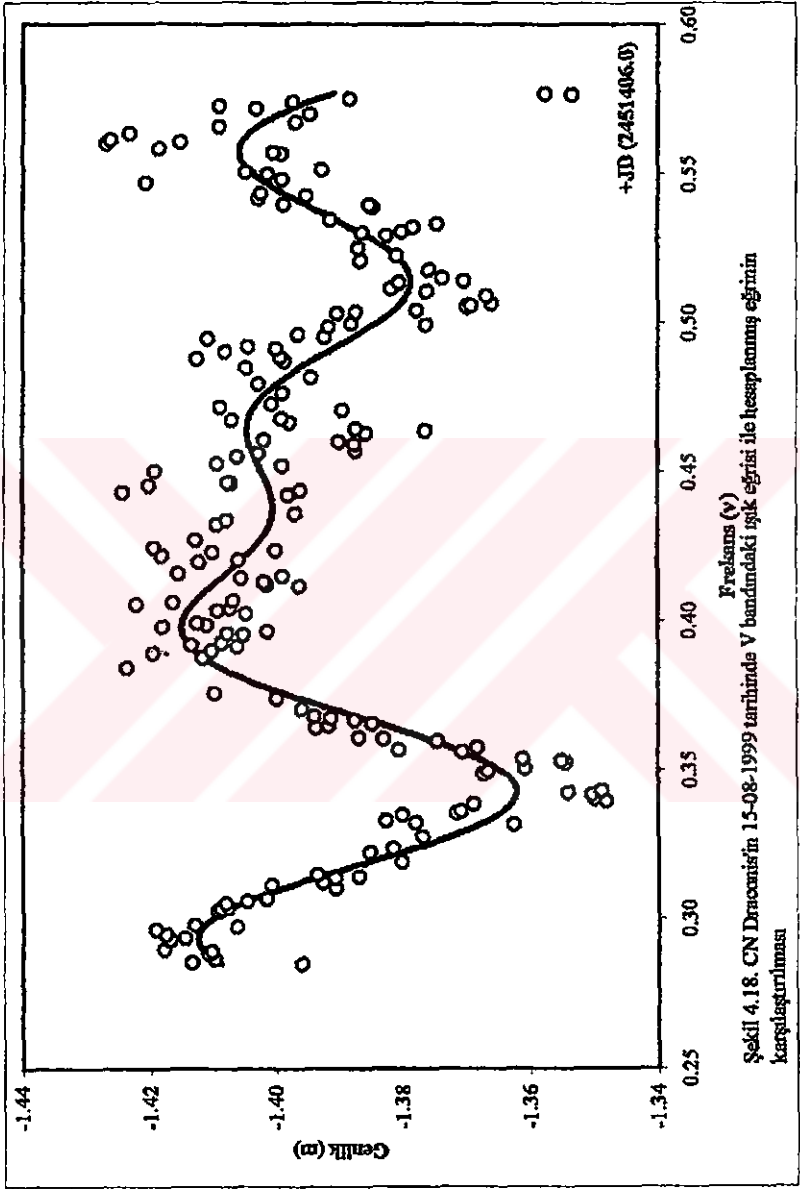
Şekil 4.15. CN Draconis'in 14-08-1999 tarihinde B bantındaki ışık eğrisi ile hesaplanmış eğrinin karşılaştırılması



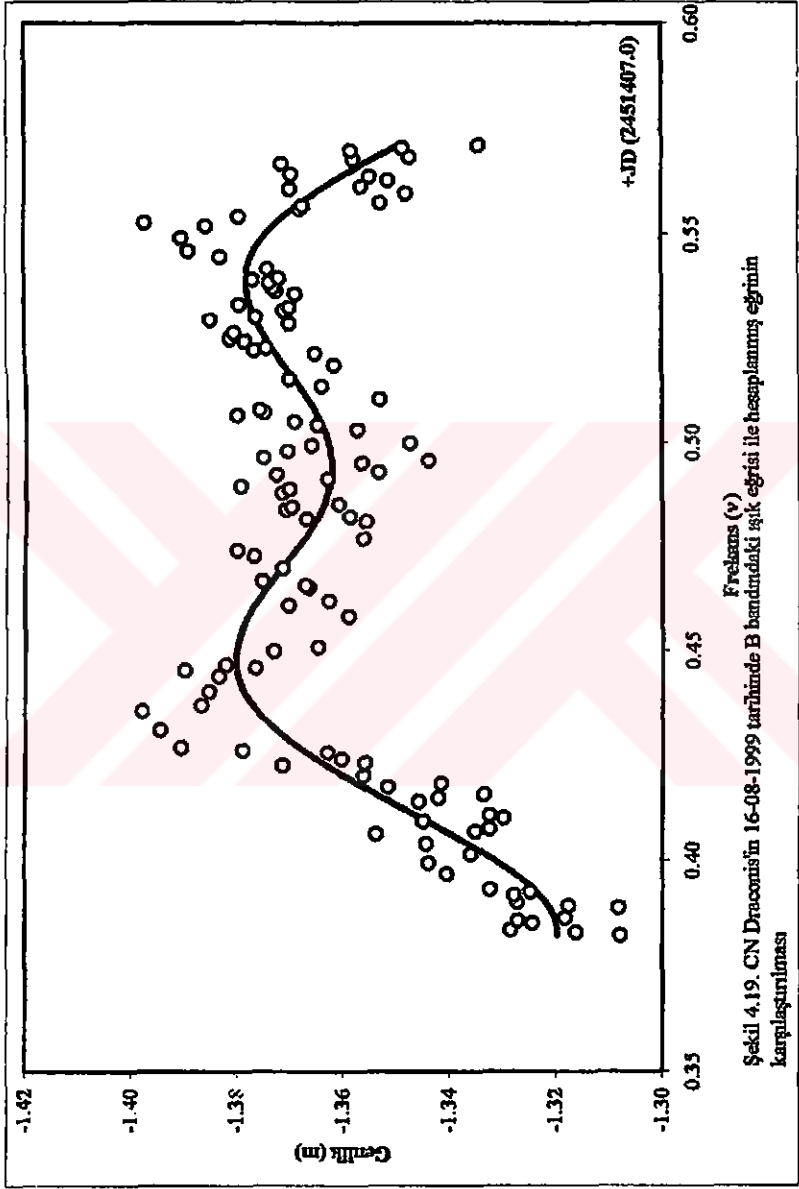
Şekil 4.16. CN Draconis'in 14-08-1999 tarihinde V bantındaki ışık eğrisi ile hesaplanmış eğrinin karşılaştırılması



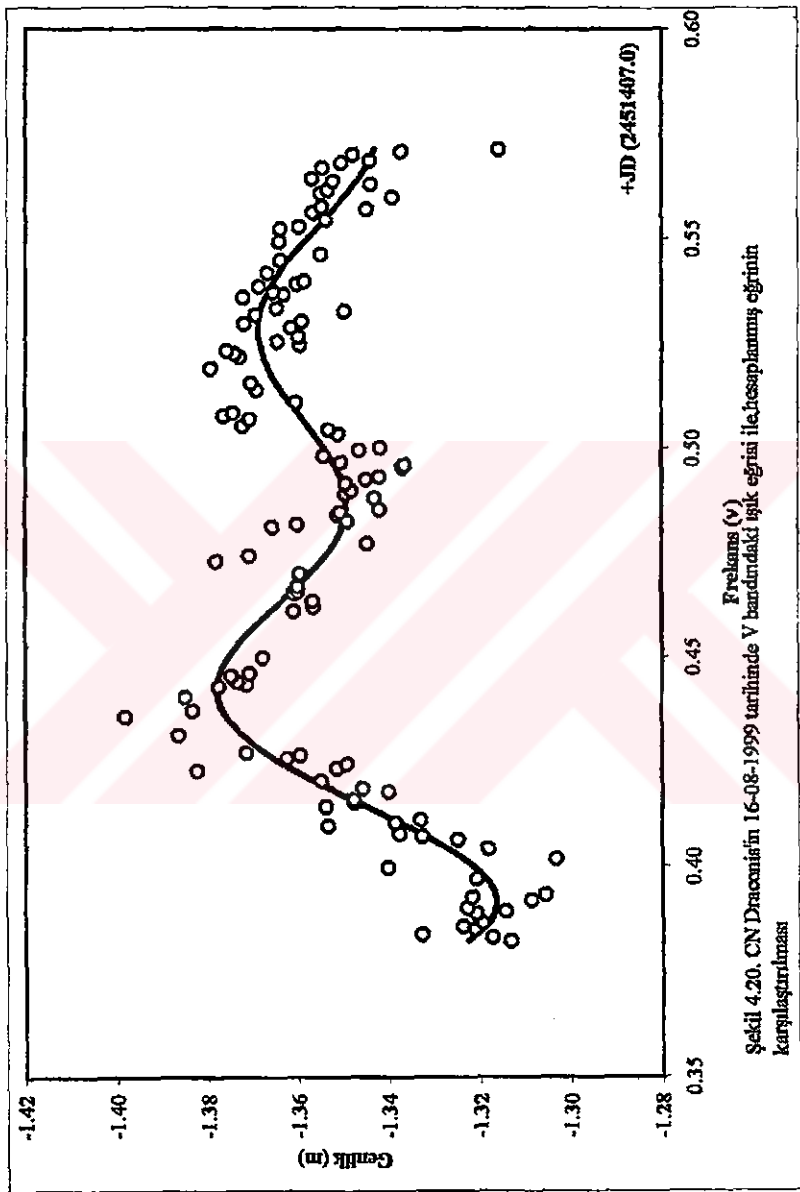
Şekil 4.17. CN Draconis'in 15-08-1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi ile hesaplanmış eğrinin karşılaştırılması



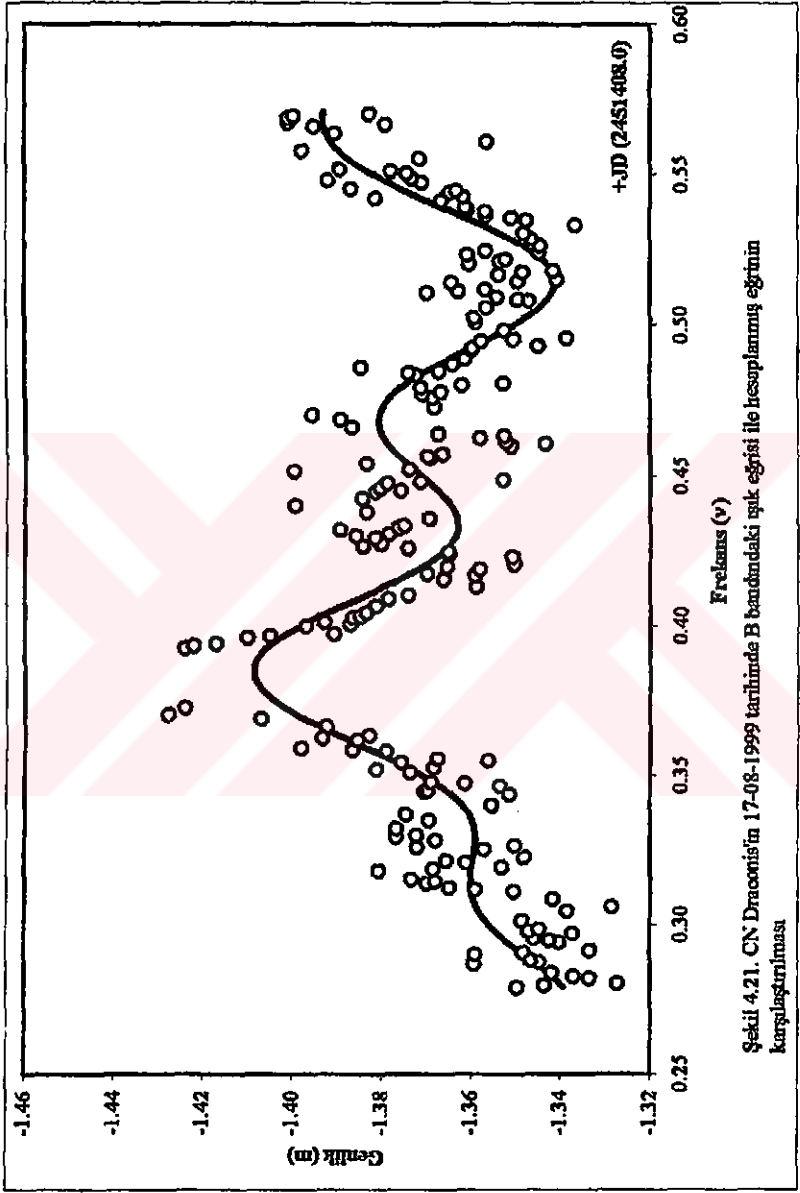
Şekil 4.18. CN Deneb'in 15-08-1999 tarihinde V bantındaki ışıık eğrisi ile hesaplanmış eğrinin karşılaştırılması



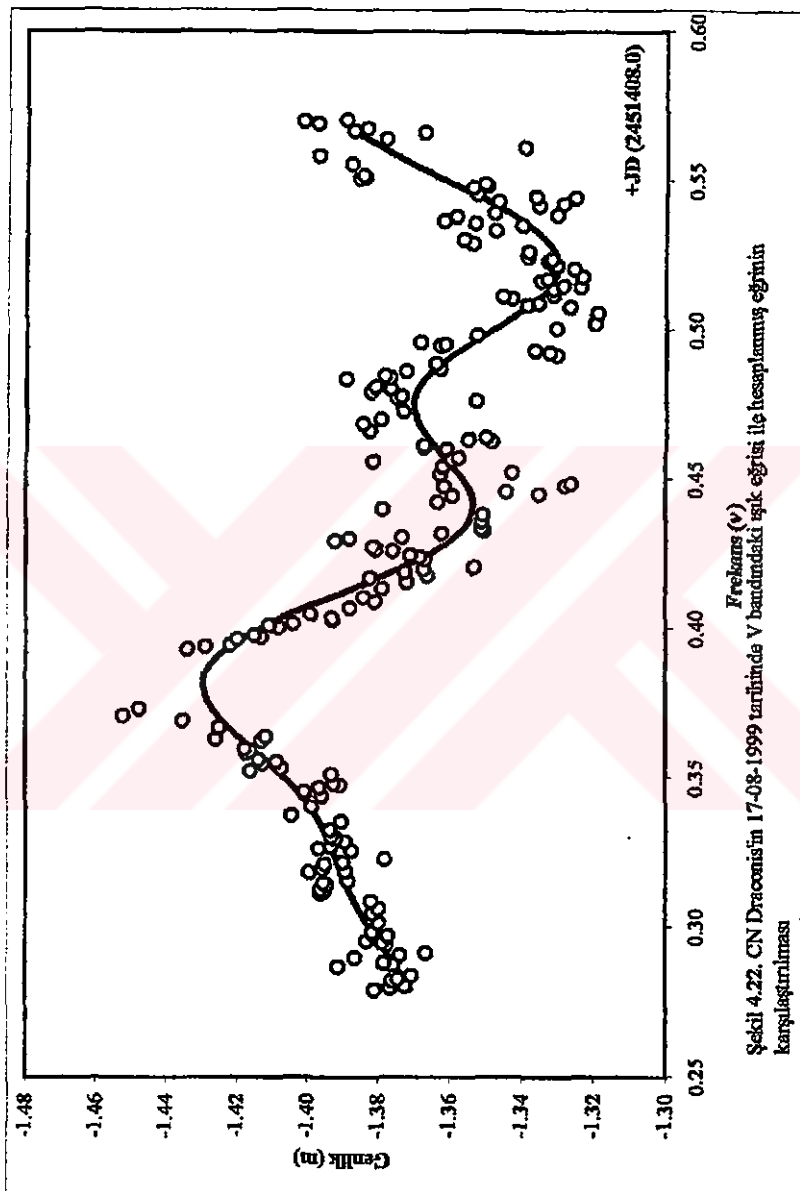
Şekil 4.19. CN Draconis'in 16-08-1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi ile hesaplanmış eğrinin karşılaştırılması



Şekil 4.20. CN Draconis'in 16-08-1999 tarihinde V bandındaki ışık eğrisi ile hesaplanmış eğrinin karşılaştırılması



Şekil 4.21. CN Draconis'in 17-08-1999 tarihinde B bandındaki ışık eğrisi ile hesaplanmış eğrinin karşılaştırılması



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Son yıllarda Delta Scuti yıldızlarının parlaklıklarında meydana gelen değişimi açıklamak için yapılan araştırmalar oldukça artmıştır. Bu yıldızların sahip oldukları fiziksel parametreler ile zonklama parametreleri arasındaki ilişkinin açıklanmasına yönelik olan çalışmalar, bu tür araştırmaların başlıca konusu olarak gösterilebilir.

Delta Scuti yıldızlarının gözlemsel özellikleri tam anlamı ile anlaşılmış değildir. Bu tür yıldızların gözlemleri sırasında duyarlı parlaklık değişiminin elde edilebilmesi için yıldızın ışık eğrisinin kararlı, döneminin gözlem gecesinin uzunluğundan kısa ve genliğinin yeterince büyük olması gerekmektedir. Yıldızın genliği ve dönemi zamanla değişiyor ise çoğul dönemlilik göz ardı edilemez. Delta Scuti yıldızlarında yaklaşık $0^m.5$ değeri büyük genlik, $0^m.02$ ve daha küçük değerler ise küçük genlik olarak kabul edilebilir. Büyük genlikli Delta Scuti yıldızları genellikle bir veya birkaç mod ile zonklama yapma eğiliminde olan yıldızlardır. Küçük genlikli Delta Scuti yıldızlarının ışık eğrileri kısa zaman aralıklarında değişimler gösterir. Genlik ve biçimde meydana gelen hızlı değişimler ışık eğrilerinden rahatlıkla fark edilebilir. Bu hızlı değişim bu tür Delta Scuti yıldızlarında varolabilecek radyal ve radyal olmayan çok sayıda zonklama modunun olduğunun belirteci sayılabilir. Bu tür davranışlar ise yıldızın sahip olduğu frekansların belirlenmesini güçleştirir.

Delta Scuti yıldızları üzerine yapılacak bir çalışmada, yıldızın aralıksız ve mümkün olduğunca uzun gecelerde yapılacak gözlemlerine dönem analizinin uygulanması ve buna bağlı olarak frekansların duyarlı bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Aslında Delta Scuti yıldızlarının fotometrik gözlemleri mümkün ise kampanya gözlemleri ile yapılmalıdır. Bu tür gözlemlerle hiç kesintisiz veri eldesi sağlanacağından olası hatalar göz ardı edilebilir.

Bu çalışma kapsamında incelenmek ve dönem analizi uygulamak üzere üç tane Delta Scuti yıldızı seçilmiştir. Bu yıldızlar CN Draconis, DQ Cephei ve V620 Herculis (63 Her)'dir. CN Draconis ve DQ Cephei yıldızlarının fotometrik verileri kullanılarak dönem analizleri yapılmıştır. V620 Herculis

yıldızının fotometrik gözlemleri sırasında seçilen denet yıldızından şüphelenilmiş ve dönem analizi uygulanmamıştır. Diğer iki yıldız için yapılan dönem analizleri sonucunda elde edilen değerler, bugüne kadar yapılan çalışmalarda sunulan değerler ile benzerdir.

CN Draconis yıldızı diğer bilinen Delta Scuti yıldızlarına göre üzerinde çok fazla çalışılmış bir yıldız değildir. Daha önceleri yapılan çalışmalarda, bu yıldızın sahip olduğu dönem, genlik ve tayf türünden bahsedilmektedir. Örneğin, Valtier (1972)'in çalışmasında birçok Delta Scuti yıldızından sözedilmiş fakat CN Draconis yıldızı hakkında sadece çok büyük genlik değişimlerine sahip olduğundan bahsedilmiştir. Bir referans hariç olmak üzere, CN Draconis yıldızı için yapılan tüm çalışmaların birleştiği ortak nokta sahip olduğu dönem değerinin $0^s.1$ ve genliğinin çok değişken olduğudur.

Yukarıda söz edilenlerden farklı olarak Warman et al. (1974) ile Irkaev (1984) tarafından yapılan çalışmalarda yıldızın fotometrik gözlem verileri sunulmaktadır. Irkaev tarafından yıldızın $0^s.1$ dönemli bir Delta Scuti yıldızı olduğunu belirtilmektedir. Warman et al. (1974)'un çalışması CN Draconis yıldızının üç farklı döneme sahip olduğunu gösteren tek araştırmadır. Aslında bu, daha önceki araştırmalar ile uyumsuzdur. Bizim bu çalışmamızda, analizler CN Draconis yıldızın gerçekten üç farklı frekans ile zonklama yaptığını doğrulamaktadır. Çizelge 5. 1., CN Draconis'e ait önceki çalışmalarda elde edilen sonuçları göstermektedir.

Çizelge 5. 1. CN Draconis yıldızı için yapılan önceki çalışmalar

Çalışma	Dönem (gün)	Genlik
Breger, M. (1969c)	0.1	0.050
Valtier, J. C. (1972)	0.1	0.035
Irkaev, B. N. (1984)	0.1	0.040 – 0.090

Warman et al. (1974)'a göre, yaptıkları çalışma sonucunda elde ettikleri dönem değerleri aslında ön bilgi duyurusu şeklinde idi. Ancak daha sonra, araştırmalarının ayrıntılı sonuçlarını yayınlamamışlardır. Warman et al. (1974)'ın bu sonuçları elde ederken kullandıkları yöntem, farklı derecelerden polinomları ışık eğrisine fit etme yolu ile yapılan "best-fit"

yöntemidir. Kullandıkları verilere Fourier transformunda uyguladıkları ve buldukları sonuçları bu yönteminde desteklediğini belirtmişlerdir. Kullandıkları yöntemin yanlış payının yüksek olmasından dolayı karşılaştırma açısından iyi bir örnek olabileceği düşünülmüş, Warman et al. (1974)'ün kullandıkları veriler Fourier transformu yolu ile tarafımızdan da analiz edilmiştir. Warman et al. (1974)'ün elde ettikleri sonuçlar ile tarafımızdan onların verileri kullanılarak elde edilen sonuçlar ve bizim sonuçlarımız çizelge 5. 2.'de gösterilmektedir.

Çizelge 5. 2. CN Draconis yıldızı için elde edilen dönem değerlerinin karşılaştırılması

Çalışma	1.Period (gün)	2. Period (gün)	3. Period (gün)
Warman et al. (1974)	0.181	0.106	0.077
Warman et al. (1974)'ün verilerinden elde edilen sonuçlar	0.198	0.105	0.087
Bu çalışma (2000)	0.196	0.104	0.087

Çizelge 5. 2.'den görüleceği gibi CN Draconis yıldızı için elde edilen üç dönem değeri değişik çalışmalardan elde edilmesine rağmen çok büyük farklılıklar göstermemektedir. Warman et al. (1974)'ün verileri kullanılarak tarafımızdan bulunan dönem değerleri ile kendi gözlemlerimizde bulunan dönem değerleri birbirlerine daha yakındır. Bütün bu analizler sonucunda yıldızın üç farklı dönem ile zonklama yaptığını sonucu açıktır.

CN Draconis yıldızı üzerine yapılan tüm çalışmalarda ortak nokta olarak kabul edilen 0.1 günlük dönem, yıldıza ait temel modu oluşturan değerdir. Breger ve Bregman (1975), CN Draconis yıldızına ait bu temel modun, radyal temel mod olduğunu belirtmişlerdir. Temel mod, en küçük frekanslı moddur. Bizim çalışmamızda, en küçük frekans değerine sahip olan 0.196 günlük dönem temel modu oluşturur. Birinci harmonik, temel mod

frekansının hemen hemen iki katı olan 0.104 günlük dönem değeridir. 0.087 günlük dönem ise ikinci harmoniktir.

Bu çalışmada ele alınan diğer yıldız DQ Cephei yıldızı, ilk keşfedilen Delta Scuti yıldızlarından birisidir. Bu yıldız üzerine yapılan ayrıntılı çalışmalar vardır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile tarafımızdan bulunan sonuçlar çizelge 5. 3. 'de gösterilmektedir. Çizelge 5. 3. 'de bulunan referanslardan 1965, 1966, 1983 ve 1998 yıllarında yapılan çalışmalar, yıldız detaylı olarak incelemiş olan çalışmalardır.

Çizelge 5. 3. DQ Cephei üzerine yapılan çalışmaların karşılaştırılması

Çalışma	1. Period	Genlik	2. Period	Genlik
Fitch, W. S. & Wehlau, W. (1965)	0 ^s .07887	0.025	0 ^s .1242	0.006
Schroeder, L. W. (1966)	0 ^s .07886	0.028	0 ^s .1230	---
Pena, J. H. et al. (1983)	0 ^s .07888	0.020	0 ^s .1241	0.008
Zhiping L. & Mingjun, F. (1998)	0 ^s .07885	0.016	0 ^s .1243	0.013
Bu çalışma (2000)	0 ^s .08097	0.024	0 ^s .1161	0.013

Çizelge 5.3.'den görüleceği gibi yıldız üzerine yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar birbirlerine oldukça yakındır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar diğerlerinden çok az da olsa farklılık göstermektedir. Bu farklılığın olası sebebi, bizim çalışmamızda DQ Cephei yıldızı için ayrılan ve yapılan fotometrik gözlemlerin sadece iki gün ile sınırlı olmasından olabilir. Ayrıca diğer çalışmalarda fotometrik gözlem için kullanılan araç gereçlerin farklılığı, Delta Scuti yıldızlarının özelliklerinden dolayı bu sonuçları etkileyebilir. Bilindiği gibi kısa dönemli ve düşük genlikli yıldızlarda, yapılan gözlemlerin duyarlılığı çok önemlidir. DQ Cephei yıldızının gözlem süresi daha uzun olabilseydi diğer sonuçlara çok daha yakın değerler bulunabilirdi. Aslında dönem analizi sırasında hesaplanan hata değerlerine bakıldığında, tarafımızdan bulunan sonuçlar hata dahilinde diğer sonuçlarla hemen hemen aynıdır.

DQ Cephei yıldızının sahip olduğu dönemden söz edilirken hemen hemen her kaynak da temel mod değeri kullanılır. DQ Cephei yıldızının sahip olduğu iki moddan birisi olan 0.08097 gün değeri yıldızın sahip olduğu temel moddur. İkinci dönem 0.1161 gün değeri ise yıldıza ait birinci harmonik olarak adlandırılır.

Zhiping et al. (1998), DQ Cephei yıldızının sahip olduğu frekansların genliklerinin zamana bağlı olarak değiştiğini belirtmiş ve iki genliğin sahip olduğu değişimin 180°'lik faz farkı gösterdiğini söylemiştir. Zamana bağlı bir çalışma olmasından dolayı bizim bulduğumuz değerler bu çalışmaya eklenince, Zhiping et al. (1998)'ın elde ettiği sonuçlar doğrulanmıştır. Zhiping, 46 yıllık bir dönem ile genliklerin kendilerini tekrar ettiğini belirtmiştir. Gerçekten bizim çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre 46 yıl civarında bir dönem değerinden sonra genliklere ait eğriler kendilerini tekrarlamaya başlamıştır. Bunun anlamı, Zhiping et al. (1998)'ın DQ Cephei yıldızının genliklerinin değişimi hakkında düşündüğünün doğruluğudur.

KAYNAKLAR

- Akan, M. C. 1991. Delta Scuti yıldızlarında çoğul dönemli değişimler. Ph. D. Thesis, Ege Üniversitesi, 148 s., İzmir.
- Ando, H. 1981. Kelvin- Helmholtz instabilities and their application to B type variables. *M.N.R.A.S.*, 197; 1139-1152.
- Baglin, A. 1972. Short period variable stars. *Astron.&Astroph.*, 19; 45-50.
- Baglin, A., Breger, M., Chevalier, C., Hauck, B., Le Contel, J. M., Sareyan, J. P. and Valtier, J. C. 1973. Delta Scuti stars. *Astron.&Astroph.*, 23; 221-240.
- Baker, N. 1966. *Stellar Evolution*. Plenum Press, 333 p., New York.
- Baker, N. and Kippenhahn, R. 1962. The pulsations of models of del Cep stars. *Zf. Astroph.*, 54; 114.
- Becker, W. 1950. *Sterne und Stern Systeme*. 2.Baskı, Theoder Steinkopff, Dresden.
- Bessell, M. S. 1969. An investigation of short period variable stars. II- The AI Velorum Stars. *Astroph. J. Suppl.*, 18; 195-220.
- Breger, M. 1969a. Short-period variability of B, A and F stars. III- A survey of Delta Scuti variable stars. *Astron. J. Suppl.*, 19; 79-97.
- Breger, M. 1969b. Short-period variability of B, A and F stars. IV- Variability in the Lower Hertzsprung Gap. *Astron. J. Suppl.*, 19; 99-113.
- Breger, M. 1969c. Short-period variability of B, A and F stars. II- Photometry of new Delta Scuti stars. *Astron. J.*, 74; 166-176.
- Breger, M. 1972. Pulsating variables in the Pleiades Cluster. *Astroph. J.*, 176; 367-372.
- Breger, M. 1977. The nature of Drawf Cepheids. *P.A.S.P.*, 89; 55-60.
- Breger, M. 1979. Delta Scuti and Related stars. *P.A.S.P.*, 91; 5-26.
- Breger, M. 1980. Radial and nonradial periods in Delta Scuti stars. *Astroph. J.*, 237; 850-854.
- Breger, M. 1989. PERDET (Multiple Period Determination) User Manuel. *Communications in Astroseismology*, No: 6.
- Breger, M. 1991. Amplitude variability of τ Pegasi and the nature of singly periodic Delta Scuti stars. *Astron. Astroph.*, 250; 107-112.
- Breger, M. and Bregman, J. N. 1975. Period-Luminosity-Color relations and pulsation modes of pulsating variable stars. *Astroph. J.*, 200; 343-353.
- Breger, M., Hutchins, J., Kubi, L. V. 1976. Relationship between radial velocity and light variations in HR 7331 and other Delta Scuti stars. *Astroph. J.*, 210; 163-167.

- Breger, M., Ostermann, W. M., Shi-yang, J., Zhi-ping, L., Akan, M. C., Evren, S., İbanoglu, C., Keskin, V. and Tunca, Z. 1994. Multi-period pulsation of the Delta Scuti star 63 Herculis. *Astro. Astrophys.*, 289; 162-168.
- Breger, M. and Pamyatnykh, A. A. 1998. Period changes of Delta Scuti stars and stellar evolution. *Astron. Astrophys.*, 332; 958-968.
- Breger, M., Stich, J., Garrido, R., Martin, B., Shi-yang, J., Zhi-ping, L., Hubr, D. P., Ostermann, W., Paparo, M. and Scheck, M. 1993. Nonradial pulsation of the Delta Scuti star BU Cancri in the Praesepe cluster. *Astron. Astrophys.*, 271; 482-486.
- Cox, A. N., Michaud, G. and Hodson, S. W. 1978. Cepheid masses and Cepheid winds. *Astrophys. J.*, 222; 621-626.
- Cox, J. P. 1980. *Theory of Stellar pulsations*. Princeton Univ. Press., New Jersey. p.9.
- Cox, J. P. 1985. in *Cepheids: theory and observations*. Cambridge Univ. Press, 126 p., Cambridge.
- Cox, J. P., Cox, A. N., Olsen, K. H., King, D. S. and Eilers, D. D. 1966. Self-Excited radial oscillations in thin stellar envelopes. *Astrophys. J.*, 144; 1038-1068.
- Crawford, D. L., Barnes, J. V., Faure, B. Q., Golsen, J. C. and Percy, C. L. 1966. Photometric Hbeta photometry for 1217 stars brighter than $V=6.5$ mag. *Astron. J.*, 71; 709-718.
- Deeming, T. J. 1975. The application of a Bessel transform to the determination of stellar rotational velocities. *Astrophys. Sp. Sci.*, 36; 137.
- Eddington, A. S. 1918a. Stars, gaseous, on the pulsations of a gaseous star. *M.N.R.A.S.*, 79R; 2.
- Eddington, A. S. 1918b. The problem of the Cepheid variables. *M.N.R.A.S.*, 79Q; 2.
- Eggen, O. J. 1970. Ultra short period variables and the masses of Blue-Stragglers in the Old disk Population. *P.A.S.P.*, 82; 274-292.
- Eggen, O. J. 1971. The nature of Blue-Stragglers in the Old disk Population. *P.A.S.P.*, 83; 762-767.
- Elliot, J. E. 1974. Study of Delta Scuti stars. *Astron. J.*, 79; 1082-1090.
- Fath, E. A. 1935. A photometric study of Delta Scuti. *Lick Obs. Bull.*, 479; 175-177.
- Fitch, W. S. 1976. in *multiple periodic variable stars*. IAU Colloq. 29, 167 p., Budapest.
- Fitch, W. S. and Wehlau, W. H. 1965. Light variations in DQ Cephei. *Astrophys. J.*, 142; 1616-1620.

- Garcia, J. R., Cebal, J. R., Scoccimarro, E. R., Wahnon, P., Arena, R., Bazterra, V., Pellizza, L., Risi, A., Rodriguez, M. L. and Zimmermann, M. 1995. A catalogue of variable stars in the lower instability strip. *Astron. Astroph. Suppl. S.*, 109; 201-265.
- Gray, D. F. and Desikachary, K. 1973. A new approach to periodogram analysis. *Astron. J.*, 181; 523-530.
- Hardie, R. H. 1962. *Astr. Tech: Stars and stellar systems* (ed. Hiltner, W. A.). Vol II, Univ. Of Chicago Press, 178 p., Chicago.
- Irkaev, B. N. 1984. The fotometric observations of the Delta Scuti type star CN Draconis. *Bull. Inst. Astrophy.*, 75; 45-55.
- Irkaev, B. N. and Frolov, M.S. 1984. On the period-luminosity relation for Delta Scuti stars. *Inf. Bull. Var. Stars*, No: 2504.
- Kato, S. 1966. Overstable convection in a Medium Stratified in mean molecular weight. *Publ. Astron. Soc. Japan*, 18; 374-383.
- Kato, S. 1974. Resonant interaction between non-radial oscillations and tide and double periodicity of Beta Cephei stars. *Publ. Astron. Soc. Japan*, 26; 341-353.
- Kurtz, D. W. 1981. Radial and non-radial oscillations in the Delta Scuti stars. *M.N.R.A.S.*, 194; 747-754.
- Kurtz, D. W. 1982. Rapidly oscillating Ap stars. *M.N.R.A.S.*, 200; 807-859.
- Kusching, R., Weiss, W. W., Gruber, R., Bely, P. Y. and Jenkner, H. 1997. Micro variability survey with the Hubble Space Telescope fine guidance sensors. Exploring the Instrumental properties. *Astron. Astrophy.*, 328; 544-550.
- Lailer, J. and Kinman, T. D. 1965. A RR Lyrae star survey with the Lick 20-INCH Astrograph. II- The calculation of RR Lyrae period by electronic computer. *Astroph. J. Suppl.*, 11; 216-222.
- Le Contel, J. M., Valtier, J. C., Sareyan, J. P., Baglin, A. and Zribi, G. 1974. Photometric observations of Delta Scuti stars. *Astron. Astroph. Suppl.*, 15; 115-132.
- Leung, K. C. 1970. An Interpretation of Delta Scuti stars. *Astron. J.*, 75; 643-650.
- Mangeny, A., Chevneton, M., Belmonte, J. A., Doppen, W., Saint-Pe, O., Praderie, F., Cortes, T. R., Fuensalida, J. and Alvarez, M. 1988. *Proc. Symp. Seismology of the sun and sun-like stars*. Tenerife. 551 p., Spain.
- Mantegazza, L. and Poretti, E. 1990. Identification of the pulsation modes of the evolved hot Delta Scuti star SAO 4710. *Astron. Astrophy.*, 230; 91-96.

- Morguleff, N., Rutily, B. and Terzan, A. 1976. A search for periodicities in the pulsation of Delta Scuti stars. *Astron. Astrophys.*, 52; 129-132.
- Nemec, J. and Mateo, M. 1990. SX Phoenicis stars, in "confrontation between stellar pulsation and evolution". *Astron. Soc. Pasific Conf. Ser.*, 11; 64-84.
- Ostermann, W. M. 1990. Pulsation periods in the Delta Scuti star HR 1170. *Astrophys. Space Sci.*, 164; 87-93.
- Pena, J. H. and Warman, J. 1980. On the periods of the Delta Scuti star HR 1170. *Rev. Mexicana Astron. Astrophys.*, 5; 5-7.
- Pena, J. H., Peniche, R., Margrave, T. E., Hobert, M. A. and Gonzalez, S. P. 1983. DQ Cephei, a Delta Scuti star of constant variability. *Astron. Astrophys. Suppl.*, 51; 71-75.
- Percy, J. R. 1970. The nature of Beta Cephei Phenomenon. *Astrophys. J.*, 159; 177-182.
- Percy, J. R. 1973. A photometric study of 21 Comae Berenices. *Astron. Astrophys.*, 22; 381-383.
- Pesnell, W. D. 1983. Ph. D. Dissertation, University of Florida, USA.
- Petersen, J. O. and Jorgensen, H. C. 1972. Pulsation of models in the lower part of Cepheid instability strip and properties of AI Velorum and Delta Scuti variables. *Astron. Astrophys.*, 17; 367-377.
- Ponman, T. 1981. The analysis of periodicities in irregularly sampled data. *M.N.R.A.S.*, 196; 583-596.
- Poretti, E., Mantegazza, L. and Antolello, E. 1987. HD 37819=V356 Aur, a double mode Delta Scuti star with an unusual period ratio. *Astron. Astrophys.*, 181; 237-282.
- Poretti, E. 1989. Non-radial oscillations in HR 1225, Omicron1 Eridani and HR 547. *Astron. Astrophys.*, 220; 144-152.
- Roberts, D. H., Lehar, J. and Droher, J. W. 1987. Time series Analysis with Clean-part one-Derivation of a spectrum. *Astron. J.*, 93; 968-989.
- Rodriguez, E., Lopez de Coca, P., Rolland, A., Garrido, R. and Costa, V. 1994. Delta Scuti stars: a new revised list. *Astron. Astrophys. Suppl.*, 106; 21-28.
- Russell, S. C. 1995. Lithium abundances in Delta Scuti stars and their relationship between the Lithium dip. *Astrophys. J.*, 451; 747-757.
- Sahade, J., Struve, O., Wilson, O. C. and Zebergs, V. 1956. The Radial velocity of DQ Cephei. *Astrophys. J.*, 123; 399-407.
- Scargle, J. D. 1982. Studies in astronomical time series analysis. II- Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data. *Astrophys. J.*, 263; 835-853.

- Schroeder, L. W. and Jenks, R. L. 1966. Three color photometry of DQ Cephei. *Astroph. J.*, 146; 738-742.
- Shapley, H. 1914. On the nature and cause of Cepheid variation. *Astroph. J.*, 40; 448-465.
- Shibahashi, H. and Osaki, Y. 1976. Overstability of gravity modes in massive stars with the semi convective zone. *Publ. Astron. Soc. Japan*, 28; 199-214.
- Shibahashi, H. 1983. Magnetic overstability as an excitation mechanism of the rapid oscillations of A_p stars. *Astroph. J.*, 257; L5-9
- Slovak, M. H. 1978. A photometric survey of the Alpha Persei cluster for Delta Scuti variables. *Astroph. J.*, 223; 192-201.
- Smith, H. J. 1955. Low luminosity intrinsic variables with periods less than 0.2 day. *Astron. J.*, 60; 179-180.
- Smith, M. A. 1971. Microturbulence and abundances in A_m stars: Inferences concerning metallicity. *Astron. Astrophys.*, 11; 325-344.
- Smith, M. A. 1982. Pulsational mode typing in line profile variables. IV- Selected Delta Scuti stars. *Astroph. J.*, 254; 242-262.
- Smith, M. A. 1985. The non-radial oscillations of Spica. I- Two commensurable modes. II- A 'quasi-toroidal' mode. *Astroph. J.*, 297; 206-232.
- Sperl, M. 1998. Period 98 User Manual Vol. 1.0.4. Institute of Astronomy, University of Vienna.
- Stellingwerf, R. F. 1978a. Helium ionization driving in Beta Cephei stars. *Astron. J.*, 83; 1184-1189.
- Stellingwerf, R. F. 1978b. Period determination using phase dispersion minimization. *Astroph. J.*, 224; 953-960.
- Stellingwerf, R. F. 1979. Pulsation in the lower Cepheid strip. I-Linear survey. *Astroph. J.*, 227; 935-942.
- Swingler, D. N. 1985. A relationship between the Jurkevich periodogram and the Fourier transform spectral estimator. *Astron. J.*, 90; 675-679.
- Swingler, D. N. 1989. A comparison of the Fourier, Jurkevich and Stellingwerf methods of period estimation. *Astron. J.*, 97; 280-287.
- Tayler, R. J. 1970. Yıldızlar: yapıları ve evrimleri (çeviri: Aydın, C. ve Aslan, Z.). A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi yayınları, 1995. 232 s., Ankara.
- Valtier, J. C. 1971. Short period Variable Stars IV- Periods of Delta Scuti stars. *Astron. Astrophys.*, 16; 38-43.

- Vauclair, G. 1976. On the problem of cohabitation between Am and Delta Scuti or "Normal" A stars: An Unified theory. *Astron. Astrophys.*, 50; 435-444.
- Walker, M. F. 1952. A new short period variable star, HD 199908. *P.A.S.P.*, 64; 192-206.
- Walker, M. F. 1953. Photometric observations of HD 199908. *P.A.S.P.*, 65; 39-53.
- Walker, G. A., Yang, S. and Fahlman, G. G. 1987. Discovery of high degree non-radial oscillations in rapidly rotating Delta Scuti stars. *Astrophys. J.*, 320; L139-143.
- Walraven, T., Walraven, J., Balona, L.A. 1992. Discovery of additional pulsation modes in AI Velorum. *M.N.R.A.S.*, 254; 59-66.
- Warman, J., Malacara, Z. and Breger, M. 1974. The light curves of Delta Scuti star HR 1170 and HR 7563. *Rev. Mexicana Astron. Astrophys.*, 1; 143-150.
- Wizinowich, P. and Percy, J. R. 1979. The periods of 44 Tauri: A least-squares Determination. *P.A.S.P.*, 91; 53-58.
- Zhevakin, S. A. 1959. The pulsational theory of stellar variability. *Soviet Astrophys.*, 3; 913 (translated).
- Zhiping, L. and Fang, M. 1998. Multi-period pulsation and amplitude variations behavior in the Delta Scuti variable DQ Cephei. *D.S.S.N.*, 12; 21-24.

EK 1 - Dönem analizinde kullanılan programlar

1- Period 98

Çeşitli türden yıldızlar için dönem analizi yapılabilen bu programın temelini Breger (1989) oluşturmuştur. Daha sonradan bu program geliştirilmiş ve Period 98 adı altında yeniden düzenlenmiştir.

Programda kullanılan temel veri, gözlemlerden elde edilen yıldızla ait diferensiyel parlaklık ve zamandır. Bir başka deyişle zaman serisi verileri kullanılır. Bu verilerin istenilen bölümünü veya tümünü, analiz için kullanmak mümkündür. Program tarafından kullanılan yöntem, seçilen zaman serisi verilerine uygun sinusoidal fiti veya fitleri bulup uygulamaktır. Fit işlemi uygulanırken frekans, genlik, faz değerlerinin hepsi ve bunların herbirine ait sıfır noktası değerleri kullanılır. Program bu işlem sırasında aşağıdaki eşitlikten yararlanır.

$$A(t) = Z + \sum (A_i \sin(2\pi(tF_i + P_i)))$$

Bu eşitlikte A_i ; genlik, Z ; sıfır noktası, F_i ; frekans, P_i ; evre ve t ; zaman değerlerini gösterir. Belirli bir fit için frekans değerleri kullanıma bağlı olarak aktif veya pasif olabilir. Yani kullanıcı, aynı zaman serisi verileri üzerine programın bulduğu frekanslardan farklı olan frekanslar uygulayarak oluşan değişik sonuçları görebilir. Zaman serisi verileri ile fit arasındaki uyuşmayı kontrol etme şansı vardır.

Bu program, Period 98, fit işlemi ile arasında bir bağ olan Fourier tekniklerini kullanan bir programdır. Fourier dönüşümünün tüm özelliklerini yerine getirir ve gözlem verileri eşit aralıklı değil ise Fast Fourier transformu kullanmaz. Ayrıca gürültü düzeyini de hesaplamak mümkündür ki bunun anlamı piklerin gerçek olup olmadığını belirlemede gürültü düzeyi çok önemlidir.

EK 1 (devam)

Bu çalışmada, yıldızlara ait dönemlerin saptanmasında kullanılan yöntem Breger (1993) tarafından önerilen yöntemdir. Bilindiği gibi genellikle fotometrik gözlemlerde gürültü gözlemlerin kalitesini etkiler. Gürültü; gözlemlerden, teleskopdan, gözlemciden, yıldızdan veya frekansdan kaynaklanabilir. İndirgeme işlemleri yaparak da gürültüden kurtulmak mümkün olmaz, çünkü gürültü rastgele dağılımlıdır. Dolayısı ile gürültü Fourier spektrumuna da etkiler ve yıldıza ait olduğu sanılan pikler ortaya çıkarabilir.

Yıldızdan gelen sinyalden gürültüyü nasıl arındırabiliriz sorusuna hiçbir zaman kesin cevap verilemez ama gözlemsel olarak Breger (1993), matematiksel olarak Kuschnig ve ark. (1997) tarafından önerilen, genlik spektrumunda sinyal / gürültü oranı 4 ve daha yukarısı olan piklerin yıldızda ait frekanslar olabileceğidir. Programdan elde edilebilecek gürültü düzeyinin dört katı alınıp, genlik spektrumunun üzerine yerleştirildiğinde genlik spektrumunu kesen bir eğri elde edilir. Bu eğriye "significant limit" adı verilir. Bu eğrinin üzerinde görülen pikler yıldızda ait frekanslar olabilir (Sperl, M. 1998).

2- TS (Time Series)

Bu program, 1996 yılında American Association of Variable Star Observers (AAVSO) tarafından değişen yıldızlara ait gözlem verilerinin analizi için geliştirilmiştir. Bu çalışmada bu programın kullanılmasının nedeni, diğer programla (Period 98) elde edilen frekans değerleri ile karşılaştırma yapılmasına olanak sağlamasındandır.

TS programında kullanılan temel veri yine zaman serisi datasıdır. Yıldızda ait parlaklık değerleri ile bunlara karşılık gelen zaman değerleri analizi başlatmak için yeterlidir. TS kullanılarak yıldızda ait ışık eğrisi üzerine 0 - 20 derece arasında olmak şartı ile polinom fiti yapmak mümkündür. Farklı dereceden polinomlar fit edilip en uygun olan değer seçilebilir ve o

EK 1 (devam)

değere ait genlik değerleri ile yine analiz yapılabilir. Bu çalışmada bu yöntemle sonuca ulaşmak amaçlanmamıştır.

Polinom fiti yerine Fourier transformu uygulaması kullanılmıştır. Programın işleyişi sırasında dönem için olası limit değerlerinin girilmesi gerekir. Bu limit değerlere göre en uygun frekans bulunur. Limit değerler arasında bulunan ve belirtilen adım aralığına bağlı olarak frekans, dönem, güç değerleri program tarafından hesaplanır. Bu değerler yardımı ile dönem analizi yapılır. En büyük güç değerine sahip olan frekansın yıldızın dönemini temsil etmesi beklenir. Program ayrıca yıldızın sahip olabileceği en olası 20 frekansı belirler. Bu belirlenen frekans değerlerinden uygun olanları kullanıcı tarafından seçilir ve programın fit işleminde bu değerleri kullanması sağlanır. Fit işlemi, frekanslar ile ışık eğrisinin uygun olup olmadığını göstergesidir.

TS programını kullanarak sadece bir tek frekansın varlığı denetlenebilir. Limit değerlerin girilmesi aşamasında, alt limit istenen değer üst limit ise sıfır girilirse, program sadece istenen frekans değerinin varlığını denetler.

EK 2 - Delta Scudî Türü Yıldız Katalogu

Yıldız Adı	HD	HR	RA (1980) sa dk sn	Dec (1950) ° ' "	Min - Maks. Parl. (m)	Period (gün)	Genilik (m)	B-V	M _v	Tuyf Türü
BETA Cas	432	21	00 06 30	+58 52.4	2.310 - 2.250	0.1043	0.042	0.34	1.120	F2 III-IV
AU Sol	1097		00 12 36	-29 17.1	8.410 - 8.400 (B)		0.010			A3
V377 Cas	1479		00 16 30	+59 26.5	7.830 - 7.780	0.0300				F0
GN And	2628	114	00 27 29	+29 28.6	5.220 - 5.180	0.0693	0.035	0.26	1.360	A7 III
BB Phe	2724	119	00 28 01	-41 13.0	6.220 - 6.180	0.1740	0.040	0.33	1.290	F2 III
THETA Tuc	3112	139	00 31 17	-71 32.5	6.150 - 6.060	0.0493	0.026	0.23	1.420	A7 IV
BG Cet	3326	151	00 33 38	-23 07.0	6.360 - 6.350 (B)	0.0285	0.003	0.29	2.950	A5 [*]
CC And			00 41 03	+42 05.0	9.460 - 9.180	0.1249	0.240	0.31	2.200	F3 IV-V
XX Psc	4490	214	00 44 35	+19 18.3	6.170 - 6.130	0.1040	0.040	0.27	1.200	A5 V
RHO Phe	4919	242	00 48 25	-51 15.6	5.260 - 5.220	0.1836	0.040	0.36	1.130	F3 III
AZ Phe	4849	239	00 47 43	-43 40.0	6.490 - 6.470	0.0492	0.010	0.29	1.940	A9/F0 III
V526 Cas	4818	238	00 48 05	+51 14.2	6.370 - 6.340	0.1360	0.011	0.28	2.320	F2 IV
GP And			00 52 38	+22 53.6	11.00 - 10.40	0.0787	0.550			
BS Tuc	6870		01 06 06	-62 08.3	7.570 - 7.430	0.0650	0.030	0.26	1.990	A5 III
AI Sol	7312	359	01 10 27	-38 07.3	5.980 - 5.890	0.0416	0.040	0.28	2.300	A9 IV
AV Cet	8511	401	01 21 32	-08 16.0	6.220 - 6.200	0.0700	0.020	0.23	2.070	F0 V
BG Hvi	8781		01 22 47	-70 56.2	8.230 - 8.200	0.1116	0.030	0.33	1.100	A5
WZ Sol	9065	431	01 26 26	-24 01.3	6.620 - 6.520	0.0658	0.030	0.34	2.000	F0 IV
VX Psc	9100	432	01 27 11	+18 05.9	6.020 - 5.900	0.1310	0.020	0.14	0.400	A4-IV
XX Sol	9133		01 27 09	-33 34.7	8.930 - 8.840	0.0489	0.035	0.22	1.800	
UV Tri			01 29 15	+30 07.2	11.27 - 11.20	0.1000				
I0088 Psc	10088		01 36 14	+21 41.3	7.930 - 7.900	0.0618	0.030	0.10	2.390	A0
VY Psc	10845	515	01 43 52	+17 09.8	6.590 - 6.540	0.2190	0.020	0.25	0.840	A7 III
VV Ari	11285		01 48 24	+20 16.1	6.820 - 6.800	0.0764	0.020	0.40	1.200	F0
BD Phe	11413	541	01 48 58	-50 27.2	5.940 - 5.900	0.0373	0.020	0.14		A1 V

Yıldız Adı	HD	HR	RA (1950) sa dk sn	Dec (1950) ° ' "	Mün - Mak. Parl. (m)	Periyod (gün)	Genlik (m)	B-V	M _v	Tayf Türü
BK Cet	11522	547	01 50 28	-17 10.5	5.810 - 5.730	0.0903	0.050	0.27	1.020	F0 V
RV Ari			02 12 22	+17 50.5	12.26 - 11.85	0.0931	0.410	0.36		A0
VW Ari	15163		02 24 04	+10 20.5	6.760 - 6.640	0.1490	0.060	0.10	0.700	F0 IV
UU Ari	15350	729	02 27 50	+19 38.1	6.150 - 6.100	0.0676	0.052	0.23	1.960	A9 V
TY For	15634	733	02 27 59	-25 24.5	6.510 - 6.490	0.0971	0.020	0.29	1.980	A9 V
AB Cas			02 32 55	+71 05.2	11.85 - 10.10	0.0583	0.050	0.31		A3
V663 Cas	16439		02 37 51	+71 21.9	8.840 - 8.800	0.0583	0.041		0.920	A0
BS Cet	16723		02 38 04	-14 39.8	6.730 - 6.650	0.1119	0.014			A7 IV
UV Ari	17093	812	02 42 14	+12 14.2	5.220 - 5.180	0.0355	0.040	0.24	2.310	A7 IV
VV Fot	17978		02 50 22	-26 30.5	8.920 - 8.900	0.0577	0.020			A2 III
V509 Per	18878		03 00 31	+47 39.2	6.640 - 6.470	0.1457	0.170			F0
19279 Per	19279	933	03 07 47	+47 19.0	6.402 - 6.400	0.0692		0.12		
BN Hvi	20313	981	03 09 11	-79 10.8	5.720 - 5.700	0.0666	0.020	0.32	1.790	F0 III
V459 Per			03 18 26	+49 02.2	9.150 - 9.140	0.0375	0.012		2.710	F0 IV
V461 Per	20919		03 20 46	+49 02.7	8.990 - 8.980	0.0350	0.014	0.33	2.860	F0 V
V465 Per	21553		03 27 02	+47 27.5	8.800 - 8.780	0.0295	0.017	0.28	2.230	A6 V
V738 Tau			03 40 24	+23 56.7	16.00 - 14.90	0.1050				
V624 Tau	23156		03 40 45	+24 13.1	8.250 - 8.230	0.0236	0.010	0.25	2.800	A7 V
BL Cam			03 42 55	+63 13.5	13.25 - 12.92	0.0391	0.330	0.21	3.100	
V650 Tau	23643		03 44 29	+23 31.5	7.790 - 7.760	0.0310	0.030	0.16	2.000	A3 V
V647 Tau	23607		03 44 21	+23 59.2	8.300 - 8.250	0.0470	0.010	0.25	2.730	A7 V
V534 Tau	23567		03 44 04	+24 40.0	8.300 - 8.260	0.0320	0.015	0.36	2.960	A9/F0 V
V376 Per	23728	1170	03 45 41	+43 48.6	5.910 - 5.770	0.0994	0.070	0.29	1.530	A9 IV
V479 Tau	24550		03 51 48	+05 01.7	7.460 - 7.390	0.0760	0.030	0.38	1.730	F1/3 III-IV
DL Eri	24832	1725	03 54 14	-09 53.7	6.240 - 6.150	0.1559	0.090	0.27	1.290	F1 V

Yıldız Adı	HD	HR	RA (1950) sa dk sn	Dec (1950) ° ' "	Min - Maks. Parl. (m)	Periyot (gün)	Genlik (m)	B-V	M _v	Tayf Türü
V386 Per	24809	1223	03 54 50	+34 40.3	6.580 - 6.500	0.0550	0.010	0.20	2.390	A8 V
IM Tau	26322	1287	04 07 47	+26 21.1	5.580 - 5.370	0.1272	0.070	0.36	1.430	F2 IV
OMICR1 Ori	26574	1298	04 09 25	-06 58.0	4.050 - 4.000	0.0815	0.050	0.33	1.650	F2 II-III
VX Hor	26731		04 10 02	-44 45.7						
V501 Per			04 12 03	+51 05.9						
BR Hyi	27503		04 15 08	-69 39.5	10.67 - 10.54		0.070	0.54	1.300	
V483 Tau	27397	1351	04 17 09	+13 55.0	5.590 - 5.550	0.0540	0.030	0.28	2.380	F0 IV
V696 Tau	27459	1356	04 17 46	+14 58.6	5.280 - 5.220	0.0360	0.010	0.22	2.050	A9/F0 IV-V
V775 Tau	27628	1368	04 19 14	+13 57.6	5.730 - 5.720	0.0625	0.010	0.32		A3
V777 Tau	28052	1394	04 23 30	+15 30.4	4.750 - 4.630 (B)	0.1625	0.015	0.25	1.040	A8 V/F0 V
UPSİLO Tau	28024	1392	04 23 19	+22 42.1	4.310 - 4.280	0.1484	0.016	0.27	0.750	A8 V
THETA2 Tau	28319	1412	04 25 48	+15 45.7	3.420 - 3.350	0.0756	0.020	0.18	1.160	A7 III
V831 Tau			04 30 37	+23 35.0	17.90 - 16.40	0.6390	0.900	1.37		
RHO Tau	28910	1444	04 31 00	+14 44.5	4.910 - 4.900 (B)	0.0670	0.010	0.24	2.320	A8 V
V480 Tau	30780	1547	04 48 27	+18 45.4	5.130 - 5.090	0.0420	0.012	0.21	1.850	A7V-A9III
XZ Men	31908		04 50 56	-79 53.5	7.880 - 7.850	0.1083	0.300		1.640	F m
S Eri	32045	1611	04 57 36	+12 36.6	4.800 - 4.770	0.2730	0.025	0.27	0.700	F0 IV
X Cas	32846	1653	05 02 39	-35 46.4	6.390 - 6.280	0.1352	0.070	0.31	1.020	F2 IV/V
V1199 Ori			05 09 07	-08 38.0						
KW Aur	33959	1706	05 12 09	+32 37.9	5.080 - 4.950	0.0881	0.080	0.20	0.940	A9 IV
BS Cam	34409		05 17 31	+69 21.2	8.050 - 8.000	0.1804	0.050	0.30		F2
V1162 Ori			05 29 37	-07 17.5	9.970 - 9.780	0.0787	0.180	0.32		
V1247 Ori	280764		05 35 33	-10 17.0	9.870 - 9.820	0.0969	0.050			A5 III
V356 Aur	37819		05 39 17	+28 58.6	8.120 - 8.010	0.1893	0.080	0.61		F8 III
RY Lep	38882		05 46 01	-20 02.4	8.570 - 8.220	0.2254				A9 V

EK 2 (devam)

Yıldız Adı	HD	HR	RA (1950) sa dk sn	Dec (1950) ° '	Min - Mak. Parl. (m)	Periyod (gün)	Genlik (m)	B-V	M _v	Tayf Türü
V1004 Ori	40372	2100	05 55 49	+01 50.0	5.920 - 5.880	0.0611	0.010	0.21	1.160	A5 m
V474 Mon	40335	2107	05 56 38	-09 23.1	6.360 - 5.930	0.1361	0.150	0.30	1.550	F2 IV
UZ Lyn	43378	2238	06 15 13	+59 01.9	4.730 - 4.430			0.02		A2 V
V588 Mon	261331		06 36 21	+09 43.9	9.720 - 9.660	0.1100	0.060	0.21	1.200	
V589 Mon	261446		06 36 43	+09 45.1	10.32 - 10.27	0.1240	0.040	0.43	1.100	
OX Aur	50018	2539	06 49 35	+38 55.9	6.140 - 5.940	0.1544	0.014	0.38	1.140	F2 V
V352 Aur	50420	2557	06 51 38	+43 58.5	6.060 - 6.030	0.3367	0.009	0.32	-0.22	A9 III
V383 Car	52788		06 58 16	-58 26.7	8.900 - 8.840	0.1200	0.060		1.570	F
V571 Mon	55057	2707	07 08 50	-00 13.1	5.500 - 5.430	0.1000	0.026	0.29	1.090	F2 V
HN Cma	55598	2724	07 10 23	-27 23.3	6.630 - 6.610			0.19		A5 IV/V
V349 Pup	59594		07 27 26	-34 04.0						A6/A7 IV
Y Cam			07 34 31	+76 11.4	12.24 - 10.50	3.3056	0.028	0.32	2.200	A8 V
AZ Cmi	62437	2989	07 41 31	+02 31.6	6.510 - 6.440	0.0953	0.060	0.20	0.940	F0 III
OS Gem			07 49 51	+27 52.6	9.570 - 9.530 (B)	0.0553	0.030	0.21		
AD Cmi	64191		07 50 12	+01 43.7	9.510 - 9.210	0.1229	0.300	0.25	1.120	F0 III-F3 III
UX Mon	65607		07 56 50	-07 22.1	9.160 - 8.220	5.9045	0.040	0.30		G0 III-IV
V416 Car			07 56 52	-60 38.9	10.64 - 10.57			0.27		
V419 Car			07 57 41	-60 29.4	10.89 - 10.87 (B)			0.33		
V410 Car			07 57 19	-60 38.3	10.72 - 10.67			0.36		
V417 Car			07 57 25	-60 30.7	10.72 - 10.70 (B)		0.020	0.30		
V418 Car			07 57 30	-60 41.3	11.32 - 11.29 (B)		0.030	0.33		
V421 Car			07 58 02	-60 31.9	10.82 - 10.73		0.090	0.29		
V393 Car	66260		07 58 16	-61 26.8	7.700 - 7.470		0.220	0.60		
V420 Car			07 57 44	-60 41.3	10.56 - 10.53		0.030	0.29		
Bl Cmi	66833		08 02 56	+02 18.1	9.100 - 9.000	0.1195	0.100			F2

Yıldız Adı	ID	HR	RA (1950) sa dk sn	Dec (1950) ° ' "	Mln - Mak. Parl. (m)	Periyot (gün)	Gemlik (m)	B-V	M _v	Tayf Türü
RHO Pup	67523	3185	08 05 25	-24 09.5	2.870 - 2.680	0.1409	0.090	0.43	1.700	F2 m/F3II p
SZ Lyn	67390		08 06 05	+44 37.2	9.720 - 9.080	0.1205	0.510	0.32	1.600	A7 - F2
AI Vel	69213		08 12 26	-44 25.4	6.760 - 6.150	0.1116	0.670	0.25	1.600	A9 IV/V
AI Hya			08 16 12	+00 26.3	9.940 - 9.350	8.2897	0.020		1.180	F0
HQ Hya	69997	3263	08 16 51	-10 00.5	6.330 - 6.290	0.0755	0.030	0.33	2.120	F3 III p
LM Hya	71297	3321	08 23 57	-03 49.3	5.810 - 5.800 (B)	0.0380	0.006	0.22		A5 III-IV
CX Cnc	71496	3329	08 25 39	+24 18.7	6.120 - 6.100	0.0960	0.025	0.24	1.220	F0 V
GU Vel	71935	3350	08 26 14	-52 55.3	5.110 - 5.080	0.0700	0.010	0.25	1.470	A9/F0III/IV
BR Cnc	73175		08 34 49	+19 41.6	8.280 - 8.260	0.0380	0.020	0.24	1.960	F0 V
CY Cnc	73345		08 35 45	+20 10.0	8.160 - 8.140	0.0325	0.020	0.21	2.000	F0 V
BS Cnc	73450		08 36 17	+19 46.2	8.520 - 8.500	0.0510	0.020	0.25	2.220	A9 V
BT Cnc	73575		08 36 50	+19 57.4	6.720 - 6.660	0.1023	0.034	0.24	0.740	F0 III
BU Cnc	73576		08 36 53	+19 27.2	7.700 - 7.670	0.0710	0.020	0.19	1.320	A7 V
BV Cnc	73746		08 37 41	+19 22.4	8.670 - 8.650	0.1490	0.020	0.29		F0 V
BN Cnc	73763		08 37 48	+19 24.4	7.830 - 7.800	0.0388	0.030	0.22	1.650	A9 V
BQ Cnc	73729		08 37 34	+20 21.6	8.210 - 8.190	0.0740	0.020	0.30	1.750	F2 V
VZ Cnc	73837		08 38 10	+10 00.2	7.910 - 7.180	0.1784	0.410	0.29	1.100	A7II/F2 III
BX Cnc	74028		08 39 15	+19 35.5	7.980 - 7.960	0.0530	0.020	0.21	1.810	A7 V
BW Cnc	73798		08 38 00	+20 26.7	8.490 - 8.480	0.0720	0.010	0.26	1.990	F0 V
EP Cnc	73819		08 38 04	+19 45.5	6.790 - 6.760	0.1717	0.030	0.17		A7 V
BY Cnc	74050		08 39 20	+19 06.8	7.920 - 7.910	0.0580	0.010	0.20	1.490	A7 V
73712 Cnc	73712		08 40 20	+19 21.0	6.784 - 6.780	0.1490	0.004	0.27	1.030	
RS Cha	75747	3324	08 44 58	-78 53.3	6.680 - 6.020	0.0770	0.050	0.23	1.990	A5 V
HZ Vel	75634	3317	08 47 59	-38 57.3	6.420 - 6.390	0.0870		0.23		A5 III
EW Cnc			08 48 48	+12 02.0						

Yıldız Adı	HD	HR	RA (1950) sa dk sn	Dec (1950) ° ' "	Min - Maks. Parl. (m)	Periyot (gün)	Gemlik (m)	B-V	M _v	Tıyf Türü
EX Cnc			08 48 50	+12 02.5	11.00 - 10.95		0.050	0.25		
FZ Vel	77140	3588	08 57 10	-47 02.4	5.170 - 5.140	0.0650	0.015	0.26	1.670	A6m-F0 m
AN Lyn			09 11 13	+42 58.2	10.79 - 10.58	0.9830	0.200	0.22	2.100	
DD Uma	79439	3662	09 12 36	+54 13.8	4.860 - 4.830	0.1250	0.030	0.20		A5 V
BE Lyn	79889		09 14 58	+46 21.8	9.000 - 8.600	0.0959	0.400	0.24		A3
DL Uma	82620		09 32 20	+69 51.7	7.610 - 7.550	0.0831				
AE Uma			09 33 41	+44 17.5	11.52 - 10.86	0.0860	0.700			
DT Vel			09 42 05	-52 43.6	14.10 - 12.90	0.1275	0.260			
VX Hya			09 43 21	-11 46.6	10.96 - 10.21	0.2234	0.400	0.34	0.900	
DG Leo	85040	3889	09 47 02	+21 24.8	6.120 - 6.080	0.0818	0.040	0.25	1.460	A8 IV
UPSİLO Uma	84999	3888	09 47 27	+59 16.5	3.860 - 3.680	0.1327	0.050	0.29	1.460	F0 IV
KU Vel			10 06 00	-40 25.4	12.62 - 12.55	0.0880	0.070	0.39		
LW Vel	86874	4017	10 11 27	-50 59.1	5.290 - 5.240	0.1253	0.050	0.26		A7 V
EN Uma	89343	4047	10 17 17	+69 00.0	5.880 - 5.830		0.050			A7 V
RX Sex	90386		10 23 34	+04 11.2	6.720 - 6.700	0.0799	0.010	0.10	1.400	A3 V
EO Uma	93044		10 42 31	+41 34.3	7.150 - 7.070	0.0833	0.080			A7 III
KZ Hya	94033		10 48 30	-25 05.2	10.26 - 9.460	0.0595	0.800	0.23	2.600	B9 III/IV
TW Vel	94985	4274	10 54 57	-50 29.9	5.920 - 5.900	0.1500	0.016	0.18	0.770	A4 V
CX Uma	99002		11 21 12	+37 30.6	6.830 - 6.800	0.1000	0.030	0.40		F0
SU Cr1	100363		11 30 19	-11 45.4	8.650 - 8.620	0.0550	0.020	0.30	2.220	F2 V
V837 Cen	101158		11 35 44	-45 28.4	7.260 - 7.160	0.0902	0.100	0.30	1.280	F0 V
V816 Cen	101065		11 35 11	-46 26.0	8.020 - 7.990	0.0084		0.76		B5
BETA Leo	102647	4534	11 46 31	+14 51.1	2.170 - 2.140	0.0500	0.025	0.09		A3 V
KU Cen			11 49 21	-41 00.2	13.68 - 13.21	0.0800	0.470	0.23		

EK 2 (devam)

Yıldız Adı	HD	HR	RA (1950) sa dlk sn	Dec (1950) ° ' "	Min - Mak. Parl. (m)	Periyot (gdn)	Genlik (m)	B-V	M,	Tayf Türü
DP Uma	104513	4594	11 59 35	+43 19.4	5.240 - 5.210	0.0400	0.020	0.29	2.480	A7m/F0 V
II Vir	105759		12 07 53	-07 29.8	6.550 - 6.490	0.0450	0.060			A0
G1M Com	106103		12 09 53	+27 39.5	8.140 - 8.060	0.2080			3.700	
FG Vir	106384		12 11 42	-05 26.4	6.580 - 6.530	0.0790	0.058	0.26	1.560	A5 m
FM Com	107131	4684	12 16 31	+26 17.1	6.480 - 6.400	0.0551	0.025	0.18	1.710	A5-A7m IV
AI Cvn	107904	4715	12 21 20	+42 49.2	6.150 - 5.890	0.2085	0.085	0.35	0.620	F3 IV
FT Vir	108506	4746	12 25 17	-04 20.3	6.240 - 6.200	0.0500	0.010	0.43	1.570	F2 III
AI Com	108662	4752	12 26 25	+26 11.4	5.400 - 5.230	5.0633		0.07		A0 p
UU Com	108945	4766	12 28 31	+24 50.6	5.460 - 5.410	0.0210		0.05	0.810	A3 p
TU Crv	109585	4797	12 33 21	-20 15.1	6.550 - 6.530 (B)	0.0820	0.020	0.33	1.850	F0 V
AU Cha			12 33 24	-76 23.6	15.80 - 15.30	0.1752				
GG Vir	110377	4824	12 39 03	+10 42.0	6.330 - 6.190	0.0500	0.013	0.20	1.920	A7 V
RHO Vir	110411	4828	12 39 21	+10 30.7	4.900 - 4.880	0.0220				
FM Vir	110951	4847	12 43 05	+07 56.8	5.280 - 5.200	0.0719	0.020	0.34	2.110	A8 V m
GZ Vir	114842		13 10 39	-02 17.5	8.040 - 8.000	0.0950				F8
DK Vir	115308	5005	13 13 51	-01 07.6	6.720 - 6.670	0.1192	0.040	0.30	1.320	F0 V
AO Cvn	115604	5017	13 15 18	+40 50.1	4.750 - 4.700	0.1217	0.030	0.30	1.420	F3 III
V813 Cen			13 23 07	-47 21.2	15.00 - 14.60	0.0627				
V743 Cen	116994		13 25 18	-51 02.0	8.820 - 8.570	0.1023	0.250			A9 V
HX Vir	117661	5094	13 29 21	-18 28.3	6.030 - 6.010	0.0430	0.012	0.19	1.740	A7 IV/V
BZ Boo	118743		13 36 02	+27 32.5	8.230 - 8.200	0.3700		0.30		A5
UW Cvn			13 59 03	+28 26.7	15.60 - 15.00	0.1462	0.600			
KAPPA2 Boo	124675	5329	14 11 42	+52 01.4	4.580 - 4.500	0.0762	0.080	0.20	0.850	A8 IV
CN Boo	124953	5343	14 13 43	+19 08.6	6.270 - 6.240 (B)	0.0400	0.030	0.28	2.540	A9 V
IOTA Boo	125161	5350	14 14 24	+51 35.8						A9 V

Yiduz Adh	HD	HR	RA (1980) sa dlk sn	Dec (1950) ° ,	Mfn - Mak. Parl (m)	Period (gdm)	Genetik (m)	B-V	M ₄	Tayf Türd
V853 Cen	126859		14 26 25	-55 54.5	6.990 - 6.970	0.0528	0.030	0.23	1.290	A6 V
127269 Hya	127269		14 28 08	-25 05.6	7.805 - 7.800	0.0334	0.005	0.17		A3 V
El Dra	127759		14 29 26	+60 59.8						F0
GAMMA Boo	127762	5435	14 30 04	+38 31.6	3.070 - 3.020	0.2903			3.030	A7 III
CP Boo	127986	5441	14 31 18	+37 10.8	6.920 - 6.900	0.1500		0.51	2.800	F5
IP Vir			14 37 34	+00 14.6						
BT Cir	129041		14 39 09	-61 59.7	7.410 - 7.400	0.0350				A3 V
DL Dra	129798	5492	14 40 48	+61 28.5	6.290 - 6.220	0.0830	0.070	0.41	2.300	F2 IV
BO Cir	129494		14 41 51	-65 10.4	9.750 - 9.730	0.1412				
EH Lib			14 56 22	-00 45.0	10.08 - 9.350	0.0884	0.504	0.28	1.300	A5 - F3
BV Cir	132209		14 56 50	-64 22.6	6.900 - 6.800	0.1580	0.040	0.29	1.270	A9-F0IV-V
BP Oct	129723	5491	15 01 26	-87 56.9	6.500 - 6.460	0.0800		0.30		A2 m
HU Lup	134181		15 06 49	-51 58.5	9.130 - 9.070	0.1533	0.060			F0/F2 V
GAMMA Umi	137422	5735	15 20 47	+72 00.7	3.090 - 3.040	0.1430				A3 I ab
YZ Boo			15 22 12	+37 02.6	10.80 - 10.30	0.1041	0.390	0.24	1.800	A6 - F1
DELTA Ser	138917	5788	15 32 25	+10 42.3	4.270 - 4.230	0.1340	0.044	0.26	1.590	F0 IV
GAMMA Crb	140436	5849	15 40 38	+26 27.2	3.860 - 3.800	0.0300		0.01		A0 IV
CW Ser			15 50 41	+06 14.3	12.06 - 11.59	0.1892	0.430	0.32	1.000	
FP Ser	142300	5919	15 52 15	+08 43.6	6.300 - 6.280	0.2000		0.18		A7 V
CL Dra	143466	5960	15 56 36	+54 53.4	4.970 - 4.950	0.0763	0.010	0.26	2.190	F0 IV
V854 Sco			16 10 32	-09 46.4	13.40 - 13.00	0.1024				
TZ Crb	146361	6063	16 12 48	+33 59.0	5.740 - 5.690	1.1398		0.51	3.600	F8 V
HM Tra			16 15 08	-62 13.6	14.50 - 14.00	0.1000				
AR Sco			16 18 48	-22 46.1	14.60 - 14.10	0.1485				
LW Nor			16 18 22	-57 24.6	15.30 - 14.80	0.1931				

EK 2 (devam)

Yıldız Adı	HD	HR	RA (1950) sa dk sn	Dec (1950) ° ' "	Min - Maks. Parl. (m)	Perkot (gfm)	Gemlik (m)	B-V	M _v	Tayf Türü
V972 Sco	147491		16 20 19	-26 15.3	9.690 - 9.520	0.0193	0.170	0.63		G0 V
V2128 Oph	148101		16 23 30	-09 07.6	9.700 - 9.660	0.1000	0.030			A5
DY Her			16 28 57	+12 06.8	10.66 - 10.15	0.1486	0.051	0.36	1.430	A7III-F:III
V644 Her	152830	6290	16 52 58	+13 42.0	6.360 - 6.320	0.1151	0.040	0.34	1.690	F5 II
V645 Her	152896		16 53 03	+29 07.1	7.440 - 7.300					A5
V922 Sco	153747		16 59 29	-38 23.4	7.550 - 7.450 (B)	0.0500	0.015	0.10	1.340	A0 III
V1274 Oph			17 00 05	-21 23.2	16.40 - 15.10	0.1628				
CL Ara			17 05 40	-58 06.4	14.50 - 13.50	0.2072				
V620 Her	155514	6391	17 08 59	+24 17.9	6.230 - 6.190	0.0797	0.040	0.10	1.73	A8 V
V1638 Oph			17 10 42	-19 48.6	17.80 - 17.40	0.1869				
V1790 Oph			17 14 46	-19 22.5	16.90 - 16.20	0.1128				
V2112 Oph	156697	6434	17 16 26	+06 08.2	6.520 - 6.500	0.1874	0.030	0.41	0.400	F1 V
V949 Sco	158741	6522	17 29 06	-34 14.6	6.180 - 6.130	0.0220	0.022	0.35		F2 V
V648 Her	159223		17 30 24	+26 28.4	6.900 - 6.860	0.2900			2.440	A7 V
V974 Oph			17 34 22	-29 43.5	12.00 - 11.60	0.1911				
V976 Sco			17 36 54	-32 10.5	11.68 - 11.51	0.0435	0.090			
OMICRO Ser	160613	6481	17 38 36	-12 51.0	4.270 - 4.260	0.0530	0.010	0.07	0.760	A2 V
V703 Sco	160589		17 39 01	-32 30.0	8.040 - 7.580	0.1152	0.700	0.36		A9 - G0
V934 Oph			17 41 22	-00 43.0	16.40 - 16.00	0.2059	0.400			
TV Pav			17 41 25	-58 22.4	13.50 - 13.00	0.1746				
LZ Her			17 47 35	+29 19.0	14.60 - 14.10	0.1989				
V830 Her			17 50 44	+29 43.9						F2
V557 Sco			17 54 50	-41 50.2	13.80 - 13.20	0.1095				
V567 Oph			17 55 54	+01 06.4	11.43 - 11.07	0.1495	0.330	0.26	1.500	
V1363 Sgr			17 59 25	-29 47.4	17.40 - 16.90	0.1896				

Yıldız Adı	HD	HR	RA (1950) sa dk sn	Dec (1950) ° ' "	MİN - Mak. Parl. (m)	Period (gün)	Genlik (m)	B-V	M _r	Teyf Türü
V1417 Sgr			18 00 42	-02 57.1						
V1494 Sgr			18 01 05	-29 47.0	17.80 - 17.20	0.1747				
V831 Her	165373	6754	18 02 36	+23 56.3	6.340 - 6.280	0.0720	0.035	0.30		F0 IV-V
V959 Oph			18 08 33	+03 09.9	13.10 - 12.40	0.0845				
V2981 Sgr			18 15 35	-34 15.1	15.60 - 15.10	0.1719				
V3452 Sgr			18 26 51	-32 08.7	17.40 - 16.70	0.1543				
V3453 Sgr			18 26 52	-32 47.6	16.10 - 15.60	0.1081				
V668 Cra	170625		18 28 51	-42 21.4	8.760 - 8.700	0.0880	0.060	0.21	1.410	
V4190 Sgr	171369	6969	18 32 22	-20 52.9	6.480 - 6.440	0.0906	0.040	0.28		F0 IV/V
ALPHA Lyr	172167	7001	18 35 15	+38 44.2	0.070 - 0.020	0.1900	0.050		0.680	A0 V
AQ Cra			18 37 08	-40 23.0	15.00 - 14.50	0.1187				
V3767 Sgr			18 38 06	-34 17.3	16.80 - 16.00	0.1106				
DELTA Set	172748	7020	18 39 32	-09 06.1	4.790 - 4.600	0.1938	0.250	0.35	1.510	F2 III p
V879 Aql			18 47 37	+10 54.2	14.80 - 13.10	0.1189				
V369 Set	174533		18 48 36	-06 24.8	9.430 - 9.140	0.2230	0.120	0.48	1.200	F8 III
DR Set			18 49 56	-08 00.7	18.20 - 17.50	0.1226				
V802 Aql			18 56 18	-03 05.4	14.30 - 13.40	0.1338				
V701 Cra	176723	7197	18 59 53	-38 19.6	5.730 - 5.690	0.1353	0.040	0.33		F8 III/IV
LT Vul	177392	7222	19 01 34	+21 11.6	6.620 - 6.520	0.1090	0.034	0.33	1.210	F2 III
V494 Sgr			19 07 56	-34 58.6	14.80 - 14.20	0.1076				
V865 Sgr			19 08 59	-23 45.8	14.90 - 14.40	0.1136				
V484 Lyr			19 14 07	+30 10.3						
V435 Lyr			19 15 45	+28 24.3	15.20 - 14.60	0.1460				
V1208 Aql	181333	7331	19 17 19	+12 16.9	5.560 - 5.510	0.1497	0.060	0.29	1.040	F0 III
RHO1 Sgr	181577	7340	19 18 46	-17 56.6	3.940 - 3.900	0.0500	0.020	0.22	1.470	F0 III-IV

EK 2 (devam)

Yıldız Adı	FD	HR	RA (1950) sa dk sn	Dec (1950) ° ' "	Min - Maks. Parl. (m)	Periyot (gün)	Genlik (m)	B-V	M _v	Tayf Türü
V881 Cyg			19 29 40	+29 36.8	13.80 - 13.60	0.2107				
V1745 Cyg	185332		19 35 31	+29 30.1	7.340 - 7.300	0.0534	0.040	0.10	1.500	A3 V
V798 Cyg			19 36 09	+30 47.7	12.98 - 12.40	0.1948				
QQ Tel	185139	7461	19 36 07	-45 23.6	6.580 - 6.550 (B)	0.0653	0.040	0.28		F2 IV
V4063 Sgr	185969		19 39 36	-24 29.9	8.020 - 7.900	0.3610				
V1276 Cyg	186357	7501	19 40 49	+29 12.7	6.530 - 6.500	0.0880	0.020	0.32	1.860	F1 III
NZ Pav	186786	7524	19 46 15	-65 43.8	6.060 - 6.040	0.0800	0.020	0.32	2.150	F2 III-IV
CN Dra	187764	7563	19 46 41	+68 18.8	6.380 - 6.290	0.1000	0.080	0.28	1.370	F0 III
V818 Cyg			19 51 50	+36 32.8	16.90 - 16.00	0.1300				
CC Oct	188136		19 56 03	-78 58.2	8.110 - 8.010	0.1249	0.100			F m
CE Oct	188520		19 58 20	-79 33.8	8.040 - 8.020	0.0545	0.011	0.10	2.050	A7 IV
MQ Pav			20 02 16	-57 33.5	15.00 - 14.50	0.1683	0.500			
XX Cyg			20 02 17	+58 48.8	12.13 - 11.28	0.1349	0.850	0.26	1.620	A5
V1821 Cyg			20 04 42	+35 44.2	10.20 - 10.14	0.1082	0.030	0.40		
NU Vul	192518	7731	20 12 11	+28 32.5	5.410 - 5.360 (B)	0.2270	0.016	0.18		A7 IV
V1644 Cyg	192640	7736	20 12 40	+36 39.1	4.970 - 4.940	0.0310	0.030	0.16		A2 V
SIGMA Oct	177482	7228	20 15 03	-89 08.3	5.500 - 5.450	0.0970	0.030	0.27	1.860	F0 III/IV
NQ Tel			20 25 40	-54 59.1	14.80 - 14.30	0.1233				
RHO Pav	195961	7859	20 33 25	-61 42.2	4.910 - 4.850	0.1141	0.030	0.43	2.530	F0 III m
V342 Pav	196517		20 36 58	-61 46.2	8.430 - 8.400	0.0340	0.020			A6 V
DELTA Del	197461	7928	20 41 07	+14 53.6	4.490 - 4.380	0.1549	0.070	0.28	1.230	F0 IV p
EM Aqr	199124	8006	20 52 33	-01 33.9	6.580 - 6.550	0.0540	0.012	0.28	1.900	A9 - FOV
DQ Cep	199908		20 56 24	+55 17.6	7.320 - 7.220	0.0789	0.050	0.33	1.300	F4 III
ZZ Mic	199757		20 57 18	-42 51.2	9.690 - 9.270	0.0672	0.035	0.22	1.500	A6 IV
CK Aqr			20 58 18	-11 15.6	13.80 - 12.90	0.1241				

EK 2 (devam)

Yıldız Adı	HD	HR	RA (1950) sa dk sn	Dec (1950) ° ' "	Min - Maks. Parl. (m)	Perfod (gün)	Gentlik (m)	B-V	M _r	Tayf Türü
FN Agr	200336		21 00 33	-01 30.4	7.310 - 7.300					
V1719 Cyg	200925		21 02 56	+50 35.1	8.330 - 7.950	0.2673	0.080	0.02		
EW Agr	201707	8102	21 08 56	-14 40.7	6.480 - 6.410	0.0970	0.070	0.29	1.120	FO III-IV
TAU Cyg	202444	8130	21 12 48	+37 49.9	3.750 - 3.650		0.100	0.39		FO IV
IK Peg	204188	8210	21 24 07	+19 09.5	6.100 - 6.070	0.0440	0.030	0.24	2.700	A8 m
BP Peg			21 31 00	+22 31.3	12.20 - 11.69	0.1095	0.480	0.32		
RS Gru	206379		21 39 48	-48 25.1	8.510 - 7.920	0.1470	0.560		1.010	A9 IV
V360 Cep	206631		21 39 21	+68 09.7						A0
BZ Gru	208435	8367	21 54 01	-37 59.1	6.210 - 6.130	0.1478	0.037	0.33	1.130	FIII-IV
BE Ind	208664		21 56 16	-59 48.6	8.420 - 8.400	0.0472	0.015		1.880	A9 III-IV
210256 Agr	210256		22 06 44	-18 41.8	0.000 - 8.900			0.30		A9/FO IV
DE Lac			22 08 01	+40 40.4	10.43 - 10.08	0.2537	0.350	0.41	1.300	F5 - F8
EPSILO Cep	211336	8494	22 13 11	+56 47.6	4.210 - 4.150	0.0412	0.014	0.28	2.060	FO IV
KZ Lac			22 16 48	+50 16.7	15.20 - 14.60	0.1166				
CG Oct	206343	8294	22 20 22	-89 04.6	6.890 - 6.850 (B)	0.1430	0.010	0.29	1.650	A7 IV
GX Peg	213534	5854	22 29 15	+29 17.2	6.370 - 6.350	0.0560	0.015	0.20	1.300	A8 V / A9m
CY Agr			22 35 14	-01 16.5	11.16 - 10.42	0.0610	0.710	0.25	2.500	
CC Gru	214441	8611	22 36 04	-52 57.2	6.680 - 6.620	0.1248	0.032	0.35		F1 III
FM Agr	215874	8676	22 45 52	-10 49.2	6.190 - 6.160	0.0870	0.030	0.28	1.150	A9 III-IV
DY Peg	218549		23 06 22	+16 56.6	10.62 - 9.950	0.0729	0.540	0.31		F5
TAU Peg	220061	8880	23 18 10	+23 28.0	4.620 - 4.600	0.0543	0.010	0.21	1.600	A5 V
V377 Cep	221142		23 24 27	+86 08.6	6.640 - 6.580		0.080			F0
SX Phe	223065		23 43 54	-41 50.9	7.530 - 6.760	0.0549	0.530	0.19	4.100	A2 V
BS Agr	223338		23 46 12	-08 25.4	9.650 - 9.130	0.1978	0.520	0.22	1.000	F2
BF Phe	223480		23 47 18	-42 34.7	7.730 - 7.700	0.0630	0.030			A9 III

EK 2 (devam)

Yıldız Adı	HD	HR	RA (1950) sa dk sn	Dec (1950) ° ' "	Min - Mak. Parl. (m)	Periyod (gün)	Genlik (m)	B-V	M _r	Tayf Türü
HT Peg	223781	9039	23 50 04	+10 40.2	5.390 - 5.300	0.0600	0.010	0.18	1.570	A4 V
V521 Cas			23 54 45	+56 28.6	14.61 - 14.40 (B)	0.1600	0.210		1.500	
BH Psc	224639		23 56 57	-03 07.3	7.220 - 7.130	0.2586	0.090			

Bu katalog, Garcia et al. (1995) tarafından hazırlanmıştır.

ÖZGEÇMİŐ

Almanya'nın Lokstedet Őhrinde 1975 yılında doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1993 yılında girdiği Ankara Üniversitesi Fen Fakóltesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nden 1997 yılında Astronom ünvanı ile mezun oldu. 1997 yılının ekim ayında Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı'nda başladığı Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Nükleer Patlatmaları İzleme Merkez'inde, aralık 1998 tarihinden bu yana Fizikçi ünvanı ile görev yapmaktadır.