

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAKIN ÇİFT SİSTEM U SGE’NİN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ
TAYFLARINDAKİ DİSK KAYNAKLI SALMA VE/VEYA
SOĞURMA YAPILARININ MODELLENMESİ**

Özlem TAŞPINAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
UZAY BİLİMLERİ ve TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI**

2016

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAKIN ÇİFT SİSTEM U SGE’NİN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ
TAYFLARINDAKİ DİSK KAYNAKLI SALMA VE/VEYA
SOĞURMA YAPILARININ MODELLENMESİ**

Özlem TAŞPINAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
UZAY BİLİMLERİ ve TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI**

(Bu tez TÜBİTAK tarafından 112T928 nolu proje ile desteklenmiştir.)

2016

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAKIN ÇİFT SİSTEM U SGE'NİN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ
TAYFLARINDAKİ DİSK KAYNAKLI SALMA VE/VEYA
SOĞURMA YAPILARININ MODELLENMESİ

Özlem TAŞPINAR

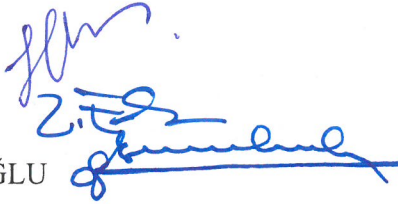
YÜKSEK LİSANS TEZİ
UZAY BİLİMLERİ ve TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

Bu tez / /2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Hicran BAKIŞ

Prof. Dr. Zeki EKER

Doç. Dr. Hasan ESENOĞLU



ÖZET

YAKIN ÇİFT SİSTEM U SGE'NİN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ TAYFLARINDAKİ DİSK KAYNAKLI SALMA VE/VEYA SOĞURMA YAPILARININ MODELLENMESİ

Özlem TAŞPINAR

Yüksek Lisans Tezi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Hicran BAKIŞ
Haziran 2016, 91 sayfa

Bu tezde, tayfında H_{α} salması gösterdiği bilinen Algol türü sistemlerden seçilen U Sge çift sisteminin yüksek çözünürlüklü tayfsal gözlemleri yapılmış ve salma yapıları analiz edilmiştir. Sistemin tayfları ve literatür ışık eğrisi analiz edilerek, sistemin duyarlı yörünge parametreleri ve mutlak parametreleri belirlenmiştir. Buna göre, baş bileşen B7-8 tayf türünden bir anakol yıldızı ve yoldaş bileşen G2 tayf türünden bir dev yıldızdır. Soğuk yoldaş bileşen Roche şişimini doldurmuş ve sıcak baş bileşene madde aktarmaktadır. Hem bileşenlerin hem de akan bu maddenin etkileri sistemin H_{α} çizgilerinde kendisini göstermektedir. Tüm bu etkilerin belirlenmesi amacıyla sistemin H_{α} çizgileri LTE yaklaşımını kullanan SHELLSPEC kodu ile modellenmiştir. U Sge sisteminin etrafındaki yapı, çok düşük yoğunluklu bir disk, akan madde ve bu maddenin baş bileşene doğrudan çarpmasıyla oluşan sıcak leke ve yoldaş bileşenin aktivitesinin katkısından oluşmaktadır. Ayrıca, sistemdeki tüm bu etkiler kısa zaman ölçeklerinde değişkenlik göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Algoller, Çevresel madde modelleme, Örtün çift yıldızlar, Salma/Soğurma yapıları, Yığılma diski.

JÜRİ: Doç. Dr. Hicran BAKIŞ (Danışman)

Prof. Dr. Zeki EKER

Doç. Dr. Hasan ESENOĞLU

ABSTRACT

MODELING of ACCRETION DISK-ORIGINATED ABSORPTION and/or EMISSION FEATURES in the HIGH RESOLUTION SPECTRA of the CLOSE BINARY SYSTEM U SGE

Özlem TAŞPINAR

MSc Thesis in Space Sciences and Technologies

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hicran BAKIŞ

June 2016, 91 pages

In this thesis, high-resolution spectroscopy of the short-period Algol-type system U Sge which is known to exhibit H_{α} emission has been done and the emission structures have been analysed. The astrophysical parameters of the system have been obtained by means of analysing the spectral and photometric data. Accordingly, the primary component is a B7-8 spectral type main-sequence star, while the secondary component is a G2 spectral type giant. The cool secondary component has filled its Roche lobe and thus transferring material onto the hot primary component. The affects of both components and the transferring material were detected in the H_{α} lines. In order to determine these effects, the SHELLSPEC code which uses LTE approximation has been used. The circumstellar structure around U Sge is due to very low density disk, transferring material, a hot spot where the transferring material from the secondary hits and the activity from secondary itself. Moreover, all of these effects on the system show short time scale variations.

KEYWORDS: Accretion disks, Algols, Eclipsing binaries, Emission/Absorption features, Modeling of circumstellar material.

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Hicran BAKIŞ (Supervisor)

Prof. Dr. Zeki EKER

Assoc. Prof. Dr. Hasan ESENOĞLU

ÖNSÖZ

Yüksek lisansa başladığım ilk andan itibaren, bu zorlu yolda beni yalnız bırakmayan çok değerli danışmanım, sevgili hocam Doç. Dr. Hicran BAKIŞ'a teşekkürlerimi sunarım. Hem yüksek lisansım sırasında aldığım derslerden öğrendiklerim, hem de tezimi yazarken bilgisine sıkça başvurduğum sayın hocam Doç. Dr. Volkan BAKIŞ'a verdiği eşsiz bilgiler ve gösterdiği ilgiden dolayı teşekkürü bir borç bilirim. Lisans öğrenimimden sonra, bu alanda daha bilimsel, daha akademik olmam konusunda beni teşvik eden, verdiği derslerle ufkumu genişleten, beni bilim dünyasına hazırlayan hiçbir sorumu yanıtızsız bırakmayan sayın hocam Prof. Dr. Zeki EKER'e teşekkürü bir borç bilirim. Kaynak aramak için yardım talep ettiğim, bölümümüz öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Burçin DÖNMEZ hocama kaynak kitap ve makale yardımdan dolayı teşekkürlerimi sunarım. Tez savunma jürisi sayın Doç. Dr. Hasan ESENOĞLU hocama teşvik ve nezaketinden dolayı teşekkürlerimi sunarım. TÜBİTAK tarafından sağlanan 112T928 nolu proje kapsamında, RTT150 teleskobuyla 2 yıl boyunca yaptığım gözlemler için TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ne teşekkür ederim.

Bu zorlu süreç boyunca, manevi desteklerini benden esirgemeyen, Bölüm sekreteri sevgili Işıl CEYLAN ve Fen Fakültesi sekreteri sayın Uğur ÜLKER'e teşekkürlerimi sunarım. Ankara'daki lisans hayatım boyunca en yakın arkadaşım olan ve Antalya'da yollarımızın tekrar kesiştiği sevgili arkadaşım, dostum Ceren SATAR'a gösterdiği ilgi ve destekten dolayı minnettarım. Hem okul hayatımda, hem de sosyal hayatımda hep yanımda olan, desteğini ve ilgisini sürekli gördüğüm, neşe kaynağı sevgili arkadaşım Sevinç GÖKMEN'e teşekkürlerimi sunarım. Lisans ve yüksek lisans süresince bir çok konuda ortak çalıştığımız Doğan Tekay KÖSEOĞLU'na teşekkürlerimi iletirim.

Tüm hayatım boyunca, benden desteklerini bir an bile esirgemeyen, birlikte büyüdüğümüz, çok değerli ve sevgili ablalarım Sevda TAŞPINAR ve Selma TAŞPINAR ÇEKLI'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Sadece bu zorlu tez sürecinde değil, hayatım boyunca benden desteğini bir an için bile esirgemeyen çok değerli arkadaşlarım, dostlarım, kardeşlerim Tuğba SARI ve Tuğba TAŞPINAR'a, gösterdikleri sabır ve sevgilerinden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ankara'daki lisans arkadaşım, sevgili Efecan TUNÇ'a, Antalya'ya atandığı ilk günden bu yana en yakın çalışma arkadaşım olarak, hem yüksek lisans ders aşaması hem de tez çalışmam süresince gösterdiği ilgi, eksik olduğum konuları tamamlamadaki sabrı ve özverisi, verdiği eşsiz destekten dolayı, özellikle hayatımda olduğundan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Bu günlere gelmemde, tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan annem Sevdiye TAŞPINAR ve babam Cemal TAŞPINAR'a, sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İçimdeki özlemi gün geçtikçe büyümekte olan sevgili babam Cemal TAŞPINAR'a ithafen...

Özlem TAŞPINAR

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	3
2.1. Çift Yıldızlar ve Önemi.....	3
2.2. Çift Yıldızların Sınıflandırılması	3
2.2.1. Gözlemsel olarak keşfedilme yöntemlerine göre sınıflama	3
2.2.1.1. Astrometrik çift yıldızlar	3
2.2.1.2. Görsel çift yıldızlar	3
2.2.1.3. Tayfsal çift yıldızlar.....	3
2.2.1.4. Örtünme çift yıldızlar.....	4
2.2.2. Roche modeline göre sınıflama.....	5
2.2.2.1. Roche modeli	5
2.2.2.2. Sınıflama.....	6
2.2.3. Işık eğrilerine göre sınıflama.....	7
2.2.3.1. Algol türü çift sistemler (EA)	7
2.2.3.2. Beta Lyrae (β Lyr) türü çift sistemler (EB)	8
2.2.3.3. W Ursae Majoris (W UMa) türü çift sistemler (EW)	8
2.3. Algol Türü Çift Sistemler	9
2.3.1. Klasik Algol türü çift sistemler	9
2.3.2. Kısa dönemli klasik Algollerde manyetik etkinlik.....	10
2.3.3. Klasik Algollerde kütle aktarımı ve belirteçleri	12
2.3.3.1. r_1 -q diyagramı	12
2.3.3.2. H_α çizgi kesitleri	14
2.3.3.3. Işık eğrisindeki değişimler.....	16
2.3.3.4. Yörünge dönemindeki değişimler.....	18
2.4. U Sagittae (HD 181182, HIP 94910)	18
3. MATERYAL VE METOT	21
3.1. Gözlemler ve Veriler.....	21
3.2. Veri İndirgeme	25
3.3. Kullanılan Analiz Yöntemleri.....	30
3.3.1. Yoldaş bileşen için model atmosfer ve sentetik tayf.....	31
3.3.2. Dikine hızların ve yörünge parametrelerinin belirlenmesi.....	33
3.3.3. Işık eğrisi analizi	35
3.3.4. Tayfın bileşenlerine ayrıştırılması.....	36
3.3.5. Baş bileşen için model atmosfer ve sentetik tayf	36
3.3.6. Çevresel maddenin modellenmesi.....	37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	38
4.1. Yoldaş Bileşenin Model Atmosfer Parametreleri	38
4.2. Sistemin Yörünge ve Işık Eğrisi Model Parametreleri	47
4.3. Baş Bileşenin Ayrıştırılmış Tayfı Model Atmosfer Parametreleri	50

4.4. Sistemin Mutlak Parametreleri.....	51
4.5. Çevresel Madde Modeli	52
5. SONUÇ	84
6. KAYNAKLAR	86
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

a	Bileşenler arasındaki uzaklık, yarı büyük eksen uzunluğu
a	Disk kalınlığı
α	Sağ açıklık
$A_{1,2}$	Bileşenlerin yansıtma katsayıları, Albedo
Å	Angstrom
Al	Alüminyum
β	Beta
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
Ca II H-K	Bir kez iyonize olmuş Kalsiyum atomunun 3968.5 Å (H) ve 3933.7 Å (K) dalgaboylarında baskın olan çizgileri
c	Işık hızı
cm	Santimetre
d	Uzaklık
dk	Dakika
δ	Dik açıklık
e	Dışmerkezlik
f	Odak oranı
F	Normalize akı
Fe	Demir
$f(m)$	Kütle fonksiyonu
$g_{1,2}$	Bileşenlerin çekim kararmaları
H	Hidrojen
He	Helyum
H_{α}	Hidrojen Alfa, Balmer serisinin birinci çizgisi
H_{β}	Hidrojen Beta, Balmer serisinin ikinci çizgisi
H_{γ}	Hidrojen Gama, Balmer serisinin üçüncü çizgisi
H_{δ}	Hidrojen Delta, Balmer serisinin dördüncü çizgisi
i	Yörünge eğimi
JD	Jülyen günü
K	Kelvin
$K_{1,2}$	Bileşenlerin dikine hız genlikleri
km	Kilometre
L_1	Birinci Lagrange noktası
$L_{1,2}$	Bileşenlerin ışınım güçleri
$L_{b1,2}$	Bileşenlerin b bandındaki ışınım güçleri
L_{toplam}	Bileşenlerin toplam ışınım güçleri
$\log g_{1,2}$	Bileşenlerin yüzey çekim ivmelerinin logaritması
λ	Dalgaboyu
λ_0	Referans dalgaboyu
λ_{etkin}	Etkin dalgaboyu
m	Metre
m	Kadir
$M_{1,2}$	Bileşenlerin kütleleri

M_{\odot}	Güneş kütlesi
Mg	Magnezyum
[M/H]	Metal bolluğu
N	Azot
Na D	Sodyum D çizgisi
Ne	Neon
O	Oksijen
°	Derece
$\Omega_{1,2}$	Bileşenlerin yüzey potansiyelleri
P	Yörünge dönemi
pc	Parsek
φ	Evre
q	Kütle oranı
$r_{1,2}$	Bileşenlerin kesirsel yarıçapları
$R_{1,2}$	Bileşenlerin mutlak yarıçapları
$R_{i\ddot{c},dış}$	Toplanma diskinin iç ve dış yarıçapı
R	Tayfsal ayırma gücü
R_{\odot}	Güneş yarıçapı
$R_{soğuk\ leke}$	Yoldaş bileşen için soğuk leke yarıçapı
ρ	Yoğunluk
S	Kükürt
s	Saniye
sa	Saat
Si	Silisyum
Sp	Tayf türü
T_e	Etkin sıcaklık
T_0	Referans minimum zamanı
$T_{1,2}$	Bileşenlerin etkin sıcaklıkları
$T_{soğuk\ leke}$	Yoldaş bileşen için soğuk leke sıcaklığı
τ	Optik derinlik
$V_{1,2}$	Bileşenlerin gözlenen dönme hızları
$V_{rot1,2}$	Bileşenlerin ekvator dönme hızları
$V_{senk1,2}$	Bileşenlerin senkronize dönme hızları
V_{γ}	Kütle merkezinin dikine hızı
W_d	r_1 -q diyagramında farklı kütle oranları için klasik toplanma diskinin kesirsel yarıçapını gösteren eğri
W_{min}	r_1 -q diyagramında gazın baş bileşene en yakın olduğu uzaklığın, baş bileşenin kütle merkezinden itibaren ölçümünü gösteren eğri
ζ	Mikrotürbülans hızı
~	Yaklaşık
'	Yay dakikası
"	Yay saniyesi

Kısaltmalar

CCD	Charge Coupled Device
cgs	Santimetre gram saniye
EA	Algol türü çift yıldızlar
EB	β Lyr türü çift yıldızlar
EW	W UMa türü çift yıldızlar
HD	Henry Drapper kataloğu
HIP	Hipparcos kataloğu
HJD	Güneş merkezli Jülyen günü
H-R	Hertzsprung – Russell Diyagramı
IR	Kızıl ötesi
IRAF	Image Reduction and Analysis Facility
IUE	International Ultraviolet Explorer
JD	Jülyen günü
KM	Kütle Merkezi
KPNO	Kitt Peak National Observatory
LTE	Yerel termodinamik denge
Lyr	Lyrae takımyıldızı
NIST	National Institute of Standards and Technology
O-C	Gözlenen ile hesaplanan minimum zamanı arasındaki fark
RTT150	Russian Turkish Telescope
RV	Dikine hız
RVCOR	Dikine hız düzeltmesi
SB1	Tek çizgili tayfsal çift yıldız
SB2	Çift çizgili tayfsal çift yıldız
S/G	Sinyal / Gürültü oranı
TUG	Tübitak Ulusal Gözlemevi
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UBV	Johnson – Morgan standart fotometrik sistemi
UV	Mor ötesi
WD	Wilson-Devinney
UMa	Ursae Majoris takımyıldızı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. a) Bir tayfsal çift sistemin dairesel yörüngeye sahip bileşenlerinin ortak kütle merkezi etrafındaki yörünge hareketi. b) Bu hareket boyunca tayf çizgilerinin Doppler kaymalarından hesaplanan dikine hız eğrilerinin şematik gösterimi (Zeilik ve Gregory 1998).....	4
Şekil 2.2. Tam tutulma gösteren bir örten çift yıldız sistemi ve evreye göre ışık değişimi (Zeilik ve Gregory 1998)	5
Şekil 2.3. a) Sınırlı 3 cisim probleminin geometrisi. b) Bir çift sistem için Roche potansiyellerinin gösterimi (Wecht 2006).....	6
Şekil 2.4. a) Ayrık çift sistem. b) Yarı-ayrık çift sistem. c) Değen çift sistem (Zeilik ve Gregory 1998).....	7
Şekil 2.5. Algol türü bir çift sistem olan KL CMa'nın ışık eğrisi (Bakış 2015).....	7
Şekil 2.6. β Lyr türü bir çift sistem olan V716 Cen'in ışık eğrisi (Bakış vd 2008)	8
Şekil 2.7. W UMa türü bir çift sistem olan CN Hyi'nin ışık eğrisi (Özkardeş vd 2009)	8
Şekil 2.8. Klasik Algol türünden bir çift sistemin Roche geometrisi ile gaz akışının izleyebileceği örnek bir yol için şematik gösterimi (Richards 2001)	9
Şekil 2.9. Kısa dönemli Algol türü bir çift sistemde kütle aktarımı, yığılma diski, geç tayf türüne sahip yoldaş bileşenin üzerindeki soğuk lekeler ve ilmeklerin gösterimi (Richards 2000).....	11
Şekil 2.10. $r_1 - q$ diyagramı. Algol türünden bazı sistemlerin diyagram üzerindeki konumları (Richards vd 2014).....	12
Şekil 2.11. Kısa dönemli Algol türünden bir çift sistemde çevresel madde ve manyetik aktivitenin şematik gösterimi (Richards ve Albright 1993)	14
Şekil 2.12. Yoldaş bileşenden çıkan gazın baş bileşene çarpma bölgeleri ve buna bağlı olarak ışık eğrilerinde gözlenen bozulmalar (Walter 1973)	17
Şekil 3.1. U Sge sisteminin gözlenen tayflarındaki H_α çizgisini içeren tayf bölgesinin a) $\phi = 0.00 - 0.25$ evre aralıklarında b) $\phi = 0.25 - 0.56$ evre aralıklarında evreye göre sıralanmış tayfları	27

Şekil 3.2. U Sge sisteminin gözlenen tayflarındaki H_{α} çizgisini içeren tayf bölgesinin a) $\varphi = 0.56 - 0.75$ evre aralıklarında b) $\varphi = 0.75 - 1.00$ evre aralıklarında evreye göre sıralanmış tayfları	28
Şekil 3.3. U Sge sisteminin gözlenen tayflarının, He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgilerini içeren tayf bölgesinin a) $\varphi = 0.00 - 0.25$ evre aralıklarında b) $\varphi = 0.25 - 0.56$ evre aralıklarında evreye göre sıralanmış tayfları	29
Şekil 3.4. U Sge sisteminin gözlenen tayflarının, He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgilerini içeren tayf bölgesinin a) $\varphi = 0.56 - 0.75$ evre aralıklarında b) $\varphi = 0.75 - 1.00$ evre aralıklarında evreye göre sıralanmış tayfları	30
Şekil 3.5. U Sge'nin Roche modeli gösterimi ($i = 90^{\circ}$). a) $\varphi = 0.00$ evre b) $\varphi = 0.25$ evre c) $\varphi = 0.50$ evre d) $\varphi = 0.75$ evre	32
Şekil 4.1. a) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 41. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah).....	38
Şekil 4.1. b) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 40. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah) c) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 39. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah).....	39
Şekil 4.1. ç) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 38. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah) d) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 37. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah).....	40
Şekil 4.1. e) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 35. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah) f) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 34. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah).....	41
Şekil 4.1. g) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 31. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah) h) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 30. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah).....	42

Şekil 4.1. ı) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 29. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah) i) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 25. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah).....	43
Şekil 4.1. j) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 24. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah) k) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 23. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah).....	44
Şekil 4.1. l) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 22. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah) m) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 21. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah).....	45
Şekil 4.1. n) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 20. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah) o) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 18. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah).....	46
Şekil 4.2. Baş bileşene ait He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgilerinden gaussian fiti yöntemi ile elde edilen dikine hızların ortalama değerleri (nokta) ve bu ortalama değerlere en uygun dikine hız eğrisi (çizgi).....	47
Şekil 4.3. KOREL analizinden sonra U Sge sisteminin dikine hızları. İçi boş daireler baş bileşenin, içi dolu daireler yoldaş bileşenin dikine hızları. Sürekli eğriler, yörünge parametrelerine göre dikine hız eğrileri.....	48
Şekil 4.4. U Sge sisteminin Strömgren <i>b</i> bandındaki gözlemsel noktaları ve teorik ışık eğrisi	49
Şekil 4.5. U Sge sistemindeki baş bileşenin (sol) ve yoldaş bileşenin (sağ) ayrıştırılmış tayfları	50
Şekil 4.6. U Sge sisteminin baş bileşenine ait ayrıştırılmış tayfının (siyah) He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgilerine yapılan sentetik tayf modeli (kırmızı).....	51
Şekil 4.7. U Sge sisteminin 9 Temmuz 2014 tarihinde $\phi = 0.75$ evrede alınan tayfı ve farklı etkiler eklenerek yapılan modelleri.....	53

Şekil 4.8. U Sge sisteminin farklı zamanlarda aynı evrede alınmış H_{α} tayflarında çevresel maddenin değişkenlik göstermesi	54
Şekil 4.9. U Sge sisteminin $\phi = 0.58$ evrede alınmış H_{α} tayfı ve yapılan model	55
Şekil 4.10. U Sge sisteminin $\phi = 0.0$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi ve bu çizgiye yapılan iki farklı model	56
Şekil 4.11. a) U Sge sisteminin $\phi = 0.004$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	57
Şekil 4.11. b) U Sge sisteminin $\phi = 0.026$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) c) U Sge sisteminin $\phi = 0.052$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	58
Şekil 4.11. ç) U Sge sisteminin $\phi = 0.074$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) d) U Sge sisteminin $\phi = 0.082$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	59
Şekil 4.11. e) U Sge sisteminin $\phi = 0.097$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) f) U Sge sisteminin $\phi = 0.132$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	60
Şekil 4.11. g) U Sge sisteminin $\phi = 0.145$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) h) U Sge sisteminin $\phi = 0.206$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	61
Şekil 4.11. ı) U Sge sisteminin $\phi = 0.220$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) i) U Sge sisteminin $\phi = 0.234$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	62
Şekil 4.11. j) U Sge sisteminin $\phi = 0.245$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) k) U Sge sisteminin $\phi = 0.248$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	63
Şekil 4.11. l) U Sge sisteminin $\phi = 0.258$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) m) U Sge sisteminin $\phi = 0.271$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	64

Şekil 4.11. n) U Sge sisteminin $\phi = 0.284$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) o) U Sge sisteminin $\phi = 0.298$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	65
Şekil 4.11. ö) U Sge sisteminin $\phi = 0.325$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) p) U Sge sisteminin $\phi = 0.353$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	66
Şekil 4.11. r) U Sge sisteminin $\phi = 0.370$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) s) U Sge sisteminin $\phi = 0.378$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	67
Şekil 4.11. ş) U Sge sisteminin $\phi = 0.391$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) t) U Sge sisteminin $\phi = 0.411$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	68
Şekil 4.11. u) U Sge sisteminin $\phi = 0.426$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) ü) U Sge sisteminin $\phi = 0.544$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	69
Şekil 4.11. v) U Sge sisteminin $\phi = 0.557$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) y) U Sge sisteminin $\phi = 0.570$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	70
Şekil 4.11. z) U Sge sisteminin $\phi = 0.575$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	71
Şekil 4.12. a) U Sge sisteminin $\phi = 0.583$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	71
Şekil 4.12. b) U Sge sisteminin $\phi = 0.593$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) c) U Sge sisteminin $\phi = 0.604$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	72
Şekil 4.12. ç) U Sge sisteminin $\phi = 0.618$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) d) U Sge sisteminin $\phi = 0.632$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	73

Şekil 4.12. e) U Sge sisteminin $\phi = 0.706$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) f) U Sge sisteminin $\phi = 0.709$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	74
Şekil 4.12. g) U Sge sisteminin $\phi = 0.720$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) h) U Sge sisteminin $\phi = 0.723$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	75
Şekil 4.12. ı) U Sge sisteminin $\phi = 0.734$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) i) U Sge sisteminin $\phi = 0.744$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	76
Şekil 4.12. j) U Sge sisteminin $\phi = 0.752$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) k) U Sge sisteminin $\phi = 0.766$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	77
Şekil 4.12. l) U Sge sisteminin $\phi = 0.780$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) m) U Sge sisteminin $\phi = 0.850$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	78
Şekil 4.12. n) U Sge sisteminin $\phi = 0.864$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) o) U Sge sisteminin $\phi = 0.877$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	79
Şekil 4.12. ö) U Sge sisteminin $\phi = 0.915$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) p) U Sge sisteminin $\phi = 0.929$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	80
Şekil 4.12. r) U Sge sisteminin $\phi = 0.943$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) s) U Sge sisteminin $\phi = 0.954$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	81
Şekil 4.12. ş) U Sge sisteminin $\phi = 0.957$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) t) U Sge sisteminin $\phi = 0.965$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)	82

Şekil 4.12. u) U Sge sisteminin $\phi = 0.978$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) ü) U Sge sisteminin $\phi = 0.991$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı) 83

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Algol sistemlerindeki H_{α} salmalarının morfolojisi	16
Çizelge 2.2. U Sge sisteminin literatürde yer alan parametreleri.....	20
Çizelge 3.1. U Sge çift sisteminin elde edilen tayfsal verilerinin gözlem kütüğü	22
Çizelge 3.2. Baş bileşenin He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgilerinden ölçülmüş dikine hızları	33
Çizelge 4.1. U Sge sistemindeki yoldaş bileşene ait model atmosfer parametreleri	38
Çizelge 4.2. Downhill Simplex metoduyla baş bileşen için elde edilen yörünge parametreleri	47
Çizelge 4.3. KOREL programı ile elde edilen sonuç yörünge parametreleri	48
Çizelge 4.4. U Sge sisteminin Strömgren b bandındaki ışık eğrisinin çözümünden elde edilen model parametreleri.....	49
Çizelge 4.5. U Sge sistemindeki baş bileşene ait model atmosfer parametreleri.....	50
Çizelge 4.6. U Sge çift sistemi için elde edilen mutlak parametreler	51
Çizelge 4.7. SHELLSPEC kodu için girdi parametreleri.....	52
Çizelge 4.8. U Sge sisteminde toplanma diskinin model parametreleri	57

1. GİRİŞ

Algol türü yıldızlar yakın, yarı-ayrık etkileşen çift yıldız sistemleridir. Soğuk F-K tayf türünden Roche lobunu doldurmuş madde aktaran bir dev veya alt dev yoldaş bileşen ile sıcak B-A tayf türünden anakol yıldızı bir baş bileşenden oluşurlar. Bu sistemlerdeki sıcak bileşen etrafındaki toplanma yapıları (toplanma diski, bulutu veya halkası) birinci Lagrange noktasından (L_1) yoldaş bileşenden aktarılan madde ile açıklanmaktadır. Bu tür sistemler, yavaş kütle transfer evresinde ($10^{-11} - 10^{-7} M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$) olduklarından ve birçoğunun kolaylıkla gözlenebilecek kadar parlak olmalarından dolayı, toplanma yapılarının araştırılmasında eşsiz astrofiziksel laboratuvarlardır.

Algol türü çift sistemlerin tayfsal gözlemlerini kullanarak günümüzde toplanma diski olarak bilinen bu yapılar ilk kez Wyse (1934) tarafından belirlenmiştir. Wyse, disk benzeri yapılarının yalnızca bir olasılık olduğunu kabul ederek, bu yapıların birinci bileşenin kromosferinden veya ikinci bileşenin dış kromosferinden kaynaklandığını önermiştir. Daha sonra, Joy (1942) RW Tau'nun birinci minimumu civarında alınan tayflarında görülen salmanın sıcak bileşen etrafındaki "halka" yapısı ile oluşabileceğini açıklamıştır. Bu öneri, toplanma disklerinin araştırılmasında bir başlangıçtır. Daha sonra Struve (1948) Algol türü çift sistemlerdeki bu disk yapıları ile çift tepeli salma yapılarının ilişkisini incelemiştir. Uzun dönemli Algol sistemlerinde görülen çift tepeli salma yapılarının yörüngenin tüm evrelerinde bulunduğunu ve diskin dönmesinin yörünge hareketi ile aynı yönde olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca, kısa dönemli sistemlerdeki salmaların yalnızca birinci minimum esnasında görülebildiğini veya hiçbir zaman görülemediğini belirtmiştir ve bu tür sistemlerdeki yapıları da geçici yapılar olarak tanımlamıştır. Algol türü çift sistemlerdeki toplanma yapılarının tayfsal çalışmaları artarak sürmüştür (Huang ve Struve 1956, Plavec ve Polidan 1976). Özellikle uzun ve kısa dönemli Algollerdeki H_{α} çizgisindeki salmaların özellikleri ve farklılıklarının gösterildiği çalışmalar yayınlanmıştır (Peters 1980, 1989, Etzel 1988, Richards vd 1996, Richards ve Albright 1999).

Uzun dönemli Algollerde ($P > 6^{\text{gün}}$) aktarılan madde baş bileşen etrafında kalıcı toplanma diski oluşturur. Bu tür sistemlerde Coriolis kuvveti akan maddenin doğrudan bileşene çarpmasını engelleyerek diskte birikmesini sağlar. Bu tür bir diskin gözlemsel göstergesi ise, sistemin tayfında baş bileşene ait Helyum (örneğin, He I 4026 Å, He I 4387 Å, He I 4471 Å, He I 5015 Å, He I 5875 Å, He I 6678 Å) ve Hidrojen'in Balmer serisi (H_{δ} 4102 Å, H_{γ} 4341 Å, H_{β} 4661 Å ve özellikle H_{α} 6563 Å) gibi çizgilerinde, diskin gözlemciye yaklaşan ve gözlemciden uzaklaşan kısmından kaynaklanan maviye ve kırmızıya kaymış salma çizgilerinin varlığıdır. Ayrıca, diskin yarıçapı birinci minimumda, baş bileşen yoldaş bileşen tarafından tamamen örtüldüğü anda hesaplanabilir (Joy 1942, Kaitchuck ve Honeycutt 1982b). Kısa dönemli Algollerde ($P < 6^{\text{gün}}$) L_1 (birinci Lagrange noktası) noktasından ayrılan, ikinci bileşen tarafındaki şişime aktarılan madde kaçınılmaz olarak birinci bileşene düşer. Uzun dönemli sistemlerde çalışan, akan maddeyi saptıran, birinci bileşen etrafında disk oluşumuna sebep olan Coriolis kuvvetinin saptırma etkisi küçük periyotlu sistemlerin küçük geometrisi nedeniyle, maddeyi yeterince saptıramaz ve akan madde baş bileşene çarpmak zorunda kalır. Bu tür sistemler baş bileşen üzerinde sıcak çarpma bölgesi olan toplanma yapılarına sahip olur. Akan maddenin bir kısmı baş bileşen üzerinden sıçrayarak "geçici toplanma diskleri" olarak bilinen yarı-kararlı toplanma yapılarının

üzerinde birikir (Kaitchuck ve Honeycutt 1982a). Dönemi 4.5^{gün}'den daha küçük olan sistemlerde ise, baş bileşenin etrafında asimetrik, bazen yığılma şeklinde ve Kepler hızlardan düşük hızlara sahip (bundan dolayı yarı-kararlı disklerden daha düşük açısız momentuma sahip) "toplanma halkaları" olarak adlandırılan yapılar oluşur (Richards vd 1996).

Bu tür sistemlerde tayf çizgilerinin kesitlerinde görülen değişimlerin araştırılması ile Algollerde görülen kütle aktarımı ve toplanma yapılarının özellikleri belirlenebilmektedir. Kütle aktarımı ve disk yapılarının araştırılmasında Balmer çizgilerinden özellikle H α çizgisinden yararlanılmaktadır. Bunun yanı sıra He I (4472 Å, 5876 Å, 6678 Å), Si II (6371 Å) çizgileri ve moröte ve uzak-morötede üretilen C IV (1548 Å), N V (1239 Å), Si IV (1394 Å), Fe III (1122 Å, 1132 Å), O IV (1032 Å, 1038 Å), N III (990 Å, 992 Å) gibi çizgiler de kullanılmaktadır. Algol türü sistemlerde toplanma yapılarının araştırılmasında en büyük güçlük, genellikle bu toplanma yapılarının gözlenen tayf çizgisine katkısının parlak baş bileşeninkine göre sönük kalmasıdır. Ayrıca, Algollerdeki bu salmaların kaynağı, geçici veya kalıcı toplanma diskleri, akan madde, akan maddenin yıldız veya diske çarptığı bölge ve yoldaş bileşenin kromosferinden kaynaklanan katkı olabilir. Algollerdeki bu karmaşık salma yapılarını hız uzayında üst üste binmesi nedeniyle kolayca birbirinden ayırmak mümkün olmamaktadır. Bu salma bileşenlerini çalışmak amacıyla, Budaj ve Richards (2004) tarafından sentetik tayf üreten bir program (SHELLSPEC) geliştirilmiştir. Bu program sadece yıldız, yıldız ve diski, yıldız, disk ve gaz akışlarını birlikte ele alarak sentetik tayfları üretebilmektedir. Bu yöntem, yüksek çözünürlüklü ve tüm yörünge evrelerini kapsayan ne kadar çok tayf alınır o kadar verimli sonuçlar vermektedir. Sonuçta toplanma diskinin yoğunluğu, sıcaklığı, yörünge düzlemine dik kalınlığı ve gaz akışının özellikleri belirlenebilmektedir. Ayrıca, bu program dairesel Kepler disk varsayımını kabul ettiği için, gözlem ve tüm etkilerin dahil edildiği sentetik tayf ile arasındaki fark, sistemde var olan diskin asimetrik kısmının göstergesi olacaktır (Miller vd 2007).

Yukarıda anlatılan kısa dönemli Algol türü çift sistemlerdeki çevresel maddenin değişken yapısı, bu tür sistemlere ait araştırmaların artmasıyla daha iyi anlaşılabilir. Bu nedenle bu tezde, tayfında salma yapıları gösteren bir sistem olan U Sagittae (U Sge) seçilmiştir. U Sge (HD 181182) yörünge dönemi P = 3.38 gün olan, kısa dönemli Algol türü sistemler arasında yer alıp, geçici toplanma diskine sahip bir çift sistemdir. Tam tutulma gösteren Algol türü sistemlerin en parlağı olan U Sge (Albright ve Richards 1995) hakkında, hem tayfsal gözlemlerle (McNamara 1951, Plavec ve Polidan 1976, Kaitchuck vd 1985, McCluskey vd 1991, Richards ve Albright 1993, Albright ve Richards 1995) hem de fotometrik gözlemlerle (Cester ve Pucillo 1972, McNamara ve Feltz 1976, van Hamme ve Wilson 1986, Khan ve Budding 1986, Olson 1987, Olson ve Bell 1989) çok sayıda araştırma yapılmıştır. Genel karakteri geçici ve değişken olan, tam olarak ortaya konmamış disk yapısının değişkenliği ve fiziksel özelliklerinin araştırılması astrofizik açısından önem teşkil etmektedir. Bu hedef çerçevesinde TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) elde edilen yüksek çözünürlüklü échelle tayfları literatürdeki bilgiler ile birlikte ve yine literatürden alınan ışık eğrisi ile birlikte çözülmek suretiyle, önce sistemin ve bileşenlerin fiziksel parametrelerinin belirlenmesi, sonrasında SHELLSPEC programı ile U Sge'nin baş bileşeni etrafındaki geçici disk hakkında araştırma yapmak bu tezin amacıdır.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1. Çift Yıldızlar ve Önemi

Çift yıldızlar, kütleçekimsel kuvvetlerle birbirine bağlı olan ve ortak kütle merkezi (KM) etrafında Kepler yasalarına uygun yörünge hareketi yapan iki yıldızdan oluşan sistemlerdir. Gözlemsel veriler, gökyüzündeki yıldızların yarısından fazlasının çift veya çoklu sistemlerin üyesi olduğunu göstermektedir (Hilditch 2001). Bu durum astrofizik açısından çok önemlidir. Çünkü yıldızlara dair en önemli fiziksel parametre olan kütle, yalnızca bir çift sistemin bileşenleri için doğrudan belirlenebilmektedir. Ayrıca, yıldızların evriminin anlaşılabilmesi açısından kütle ve kimyasal kompozisyon temel parametredir. Bileşen yıldızların kütleleri ile birlikte yarıçap, ışınım gücü gibi temel parametreleri de çift yıldızlardan hesaplanabilmektedir. Çift yıldızlar için kütle ve diğer gözlenen özellikler arasındaki ilişki bir kez kurulduktan sonra, tek yıldızların fiziksel parametreleri de bu ilişkiler kullanılarak belirli bir hassasiyete kadar belirlenebilir (Hilditch 2001).

2.2. Çift Yıldızların Sınıflandırılması

2.2.1. Gözlemsel olarak keşfedilme yöntemlerine göre sınıflama

2.2.1.1. Astrometrik çift yıldızlar

Astrometrik çift yıldızlar, sadece parlak bileşenin görülebildiği ve bu bileşenin gökyüzünde yaptığı salınım hareketinden, görülmeyen diğer bileşenin varlığı belirlenebilen sistemlerdir. Bu salınımın nedeni, görünen bileşenin sistemin kütle merkezi etrafındaki yörünge hareketidir. Astrometrik olarak böylesi salınan sistemler, görünmese de, bir yoldaşın varlığını ortaya koyar.

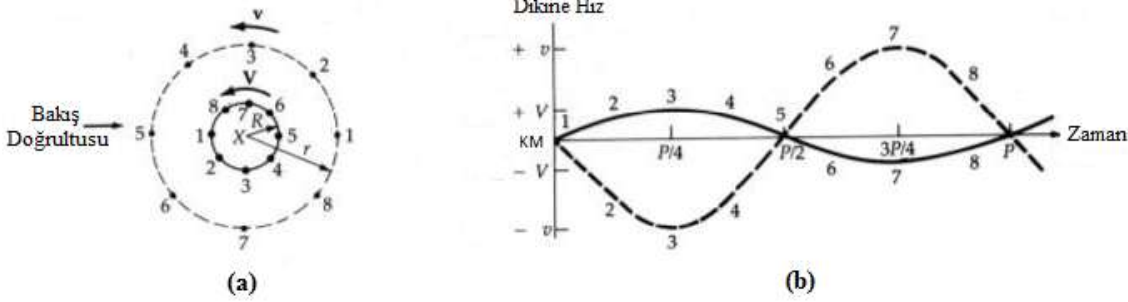
2.2.1.2. Görsel çift yıldızlar

Uygun bir teleskopla, bileşen yıldızları ayrı ayrı görülebilen çiftlerdir. Bu tür çift sistemlerde her bir bileşenin diğerine göre görsel yörüngesi elde edilebilirse, bileşenler arasındaki açısal ayrıklık ve yörünge dönemi kullanılarak uzaklığı bilinen sistemler için bileşenlerin kütleleri toplamı Kepler'in üçüncü yasası yardımıyla bulunabilir. Görsel çift yıldızlarda, bileşenlerin her birinin kütle merkezine göre yörüngesi ayrı ayrı elde edildiğinde ise kütle oranı belirlenebilir. Belirlenen kütleler toplamı ve kütle oranı kullanılarak, her bir bileşenin kütlesi ayrı ayrı hesaplanabilir.

2.2.1.3. Tayfsal çift yıldızlar

Bileşenlerin birbirlerine oldukça yakın olmalarından dolayı, teleskopla bakıldığında bile tek bir yıldız gibi görünen, çift oldukları, sistemin tayf çizgilerinin dönemseldir. Doppler etkisi nedeniyle bileşenlerin ilgili dalgaboyundaki tayf çizgileri birbirine göre dönmeli olarak zıt yönde yer değiştirirler. Tek çizgili tayfsal çiftler (SB1), yalnız bir bileşenin tayf çizgilerinin gözlenebildiği sistemlerdir. Bu sistemlerde bileşenlerden biri, diğerine göre daha sönüktür, parlak bileşenin çizgileri tayfta görülebilir ve bu çizgiler laboratuvar

dalgaboyları etrafında salınım yaparlar. Çift çizgili taysal çiftler (SB2) ise, her iki bileşenin de tayf çizgilerinin gözlenebildiği sistemlerdir. Bu sistemlerde bileşenlerin parlaklıkları birbirine yakındır. Şekil 2.1.a'da bileşenlerin ortak kütle merkezi etrafındaki yörünge hareketi ve Şekil 2.1.b'de bu hareketten dolayı bileşenlerin tayf çizgilerinin Doppler kaymalarından hesaplanan dikine hız eğrileri verilmektedir. Kütleli büyük olan baş bileşenin yörüngesi daha küçük olduğundan, momentumun korunumu sebebiyle sistemin dikine hız eğrisinde genliği küçük olan eğri kütleli büyük olan bileşene aittir.



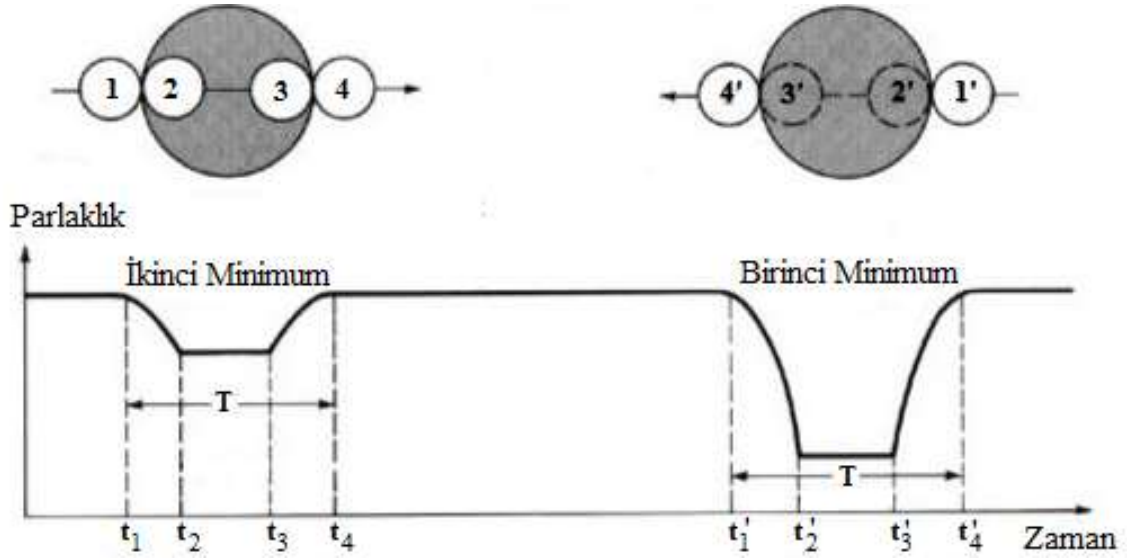
Şekil 2.1. a) Bir tayfsal çift sistemin dairesel yörüngeye sahip bileşenlerinin ortak kütle merkezi etrafındaki yörünge hareketi. b) Bu hareket boyunca tayf çizgilerinin Doppler kaymalarından hesaplanan dikine hız eğrilerinin şematik gösterimi (Zeilik ve Gregory 1998)

Sadece bir bileşenin dikine hız eğrisi elde edilmişse bu durumda yalnızca kütle fonksiyonu bulunabilir. Her iki bileşenin ayrı ayrı dikine hızlarının belirlenebildiği SB2 türü sistemlerde ise, bileşenlerin ayrı ayrı kütleleri yörünge eğiminin fonksiyonu olarak hesaplanabilir.

2.2.1.4. Örten çift yıldızlar

Bir çift sistemin yörünge düzlemi ile gözlemcinin bakış doğrultusu arasındaki açıya bağlı olarak bileşenler birbirini yörünge hareketleri sırasında tamamen veya parçalı olarak örterler veya hiç örtmezler. Örtmenin gerçekleştiği sistemlerde sistemin toplam ışığında örtme/örtülmeden kaynaklanan bir ışık değişimi gözlenir. Böyle yakın çift yıldız sistemlerine “Örten Değişen Yıldızlar” denir. Bakış doğrultusu yörünge düzleminde olan sistemler için Şekil 2.2’de yarıçapı daha küçük ve sıcak olan bileşen birinci minimumda tamamıyla örtülmektedir. Şekilde 1 ve 4 ile numaralandırılmış durumlar tutulma boyunca dış teğet noktalarını, 2 ve 3 ile numaralandırılmış durumlar ise iç teğet noktalarını göstermektedir. Yıldızların birbirine değişiyor gibi görüldüğü, şekilde t_1 ve t_1' olarak gösterilen noktalar parçalı tutulmanın başladığı anlardır. t_2 noktası halkalı tutulmanın başladığı an iken (yarıçapı küçük olan bileşen önde) t_2' noktası tam tutulmanın başladığı andır (yarıçapı küçük olan bileşen arkada). Benzer şekilde, t_3 noktası halkalı tutulmanın bittiği an iken t_3' noktası tam tutulmanın bittiği andır. t_4 ve t_4' noktaları da tutulmaların tamamen sona erdiği anlardır. Işık eğrisindeki tutulma anları ve minimum derinliklerinden bileşenlerin görelî (relatif) büyüklükleri ve sıcaklık

oranları elde edilir. Tutulmalı ışık eğrilerinden yörüngenin eğimi de bulunabilir. Bu yüzden, örten değişen sistemler yıldız astrofiziği bakımından önemli sistemlerdir.

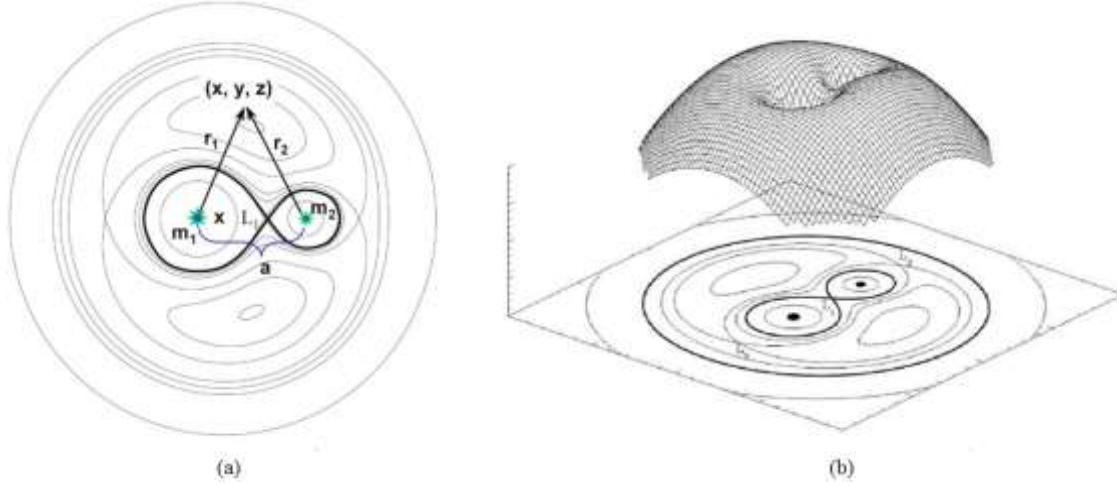


Şekil 2.2. Tam tutulma gösteren bir örten çift yıldız sistemi ve evreye göre ışık değişimi (Zeilik ve Gregory 1998)

2.2.2. Roche modeline göre sınıflama

2.2.2.1. Roche modeli

Roche modeli, ortak kütle merkezi etrafında dairesel yörüngelerde dolanan iki cisim ve bu iki cismin kütleçekim alanında hareket eden üçüncü bir cismin hareketini tanımlamak üzere geliştirilmiş bir modeldir. Matematikçi Edouard Roche tarafından geliştirilen bu model Kopal (1955) tarafından çift yıldızlara uygulanmıştır. Bu modelde, sistemde toplam potansiyelin sabit olduğu yüzeyler eşpotansiyel yüzeyler olarak tanımlanır. Bileşenlerin kütle oranlarına bağlı olarak, toplam potansiyelin belli bir değeri için bileşen yıldızların ulaşabilecekleri maksimum hacim, özel bir noktada keşşir. Bu noktaya birinci Lagrange noktası (L_1) denir. Çift yıldızlar için Roche modeli, her birinin merkezi bileşenlerin kütle merkezi olan iki hacim ya da iki şişim olarak tanımlanır. Bu hacimler, her bir yıldızın sahip olabileceği hacmin üst limitini belirler. Bir şişimin içindeki herhangi bir parçacık, çekimsel olarak yalnızca içinde bulunduğu şişime bağlıdır. İki şişimin dışında yer alan parçacıklar, çekimsel olarak sisteme bağlıdır. Evrimleşmesi sırasında genişleyerek kendi Roche şişimini dolduran bileşen L_1 noktasından diğer bileşene madde aktarır. Şekil 2.3'te sınırlı 3 cisim probleminin bir çift sistem için geometrisi (Şekil 2.3.a) ve Roche potansiyelleri (Şekil 2.3.b) gösterilmiştir.



Şekil 2.3. a) Sınırlı 3 cisim probleminin geometrisi. b) Bir çift sistem için Roche potansiyellerinin gösterimi (Wecht 2006)

2.2.2.2. Sınıflama

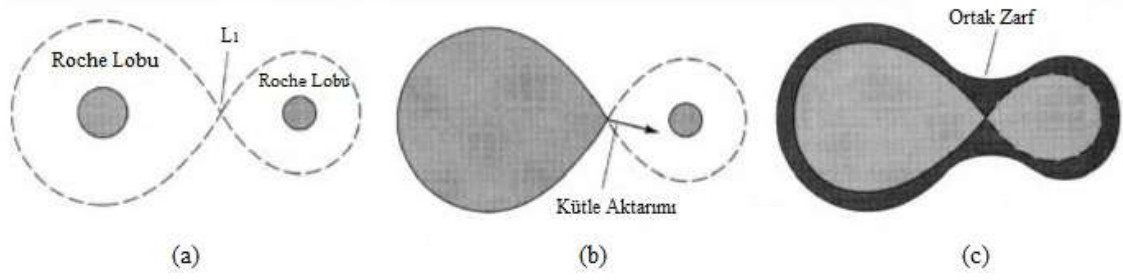
Çift yıldız sistemindeki bileşenler, Roche şişimlerini doldurup doldurmama durumlarına göre üç sınıfa ayrılırlar. Bu sınıflama Kopal (1955) tarafından, örten çift sistemlerin ışık eğrileri ve dikine hız eğrilerinin analizlerine dayanarak ayırık, yarı-ayırık ve değen çift sistemler olarak yapılmıştır.

Ayrık sistemler, bileşenlerin her ikisinin de Roche şişimlerini doldurmadığı sistemlerdir. Bileşenlerin yarıçapları, sistemin ayrıklığına göre çok küçüktür ve şekilleri değen ve yarı ayırık sistemlerin bileşenlerine göre küresele daha yakındır. Bileşenler arasında madde aktarımı gerçekleşmez (Şekil 2.4.a).

Yarı-ayırık sistemler, bileşenlerden birinin Roche şişimini doldurduğu sistemlerdir. Roche şişimini dolduran bileşen küresellikten sapsmış (şekil bozukluğuna uğramış) ve L_1 noktasından diğer bileşene madde aktarmaktadır (Şekil 2.4.b).

Değen sistemler, her iki bileşenin de Roche şişimini doldurduğu sistemlerdir. Bileşenlerin ikisi de Roche şişimlerini doldurdıkları için her iki bileşenin şekilleri küresellikten sapsmış ve bileşenler L_1 noktasında birbirine değmeye başlamıştır. Bu tür sistemlerde bileşenler ortak bir zarf (atmosfer) içinde bulunurlar (Şekil 2.4.c).

Yarı-ayırık ve değen sistemler “Etkileşen Çift Sistemler” olarak adlandırılırlar. Klasik Algol türü çift sistemler (Bkz. Bölüm 2.3) etkileşen çift sistemler olup yarı-ayırık sınıfına girerler.

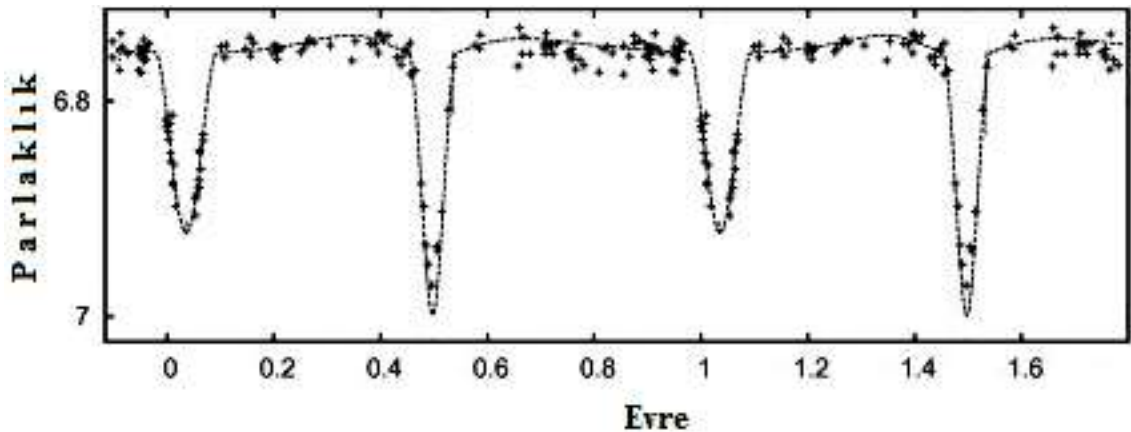


Şekil 2.4. a) Ayrık çift sistem. b) Yarı-ayrık çift sistem. c) Değen çift sistem (Zeilik ve Gregory 1998)

2.2.3. Işık eğrilerine göre sınıflama

2.2.3.1. Algol türü çift sistemler (EA)

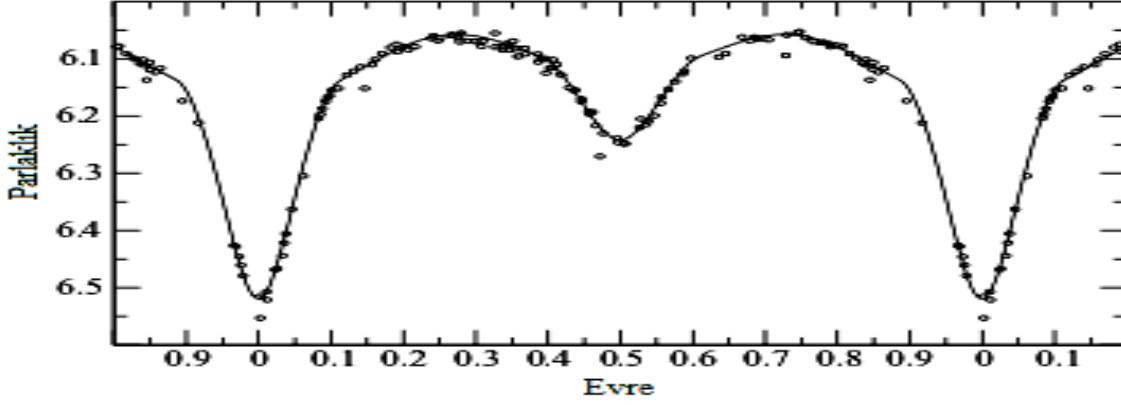
Algol türü çift sistemlerin ışık eğrileri adını, Algol çift sisteminin ışık eğrisine benzemesinden alır. Bu tür sistemlerin ışık eğrilerinde tutulmaların başlangıcını ve sonunu belirlemek mümkündür. Tutulma dışındaki ışık değişimleri ya çok küçüktür ya da ihmal edilebilir düzeydedir. Işık eğrilerinde minimumların derinlikleri birbirinden çok farklı olabilir. Örneğin, birinci minimum oldukça derinken ikinci minimum görülemeyecek kadar sığ olabilir, bazı dalgaboylarında ise ikinci minimum hiç gözlenemeyebilir. Minimum derinlikleri bileşenlerin sıcaklık farklarıyla orantılıdır. Yani bileşenlerin sıcaklıkları farkı ne kadar az ise minimum derinlikleri arasındaki fark o kadar az olur, bileşenlerin sıcaklıkları farkı ne kadar fazla ise minimum derinlikleri arasındaki fark da o kadar fazla olur. Birinci minimumun ikinci minimumdan daha derin olmasının sebebi, daha soğuk olan bileşenin daha sıcak bileşeni örtmesidir. İkinci minimum ise daha soğuk bileşenin daha sıcak bileşen tarafından örtülmesi nedeniyle birinci minimuma göre daha sığ olacaktır. Ayrıca minimum tabanları düz veya sivri olabilir. Minimum tabanının düz olması tam tutulma, sivri olması ise parçalı tutulmayı gösterir. Şekil 2.5'te her iki minimumu da parçalı tutulmaya (sivri) sahip Algol türü bir çift sistem olan KL CMa'nın ışık eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Algol türü bir çift sistem olan KL CMa'nın ışık eğrisi (Bakış 2015)

2.2.3.2. Beta Lyrae (β Lyr) türü çift sistemler (EB)

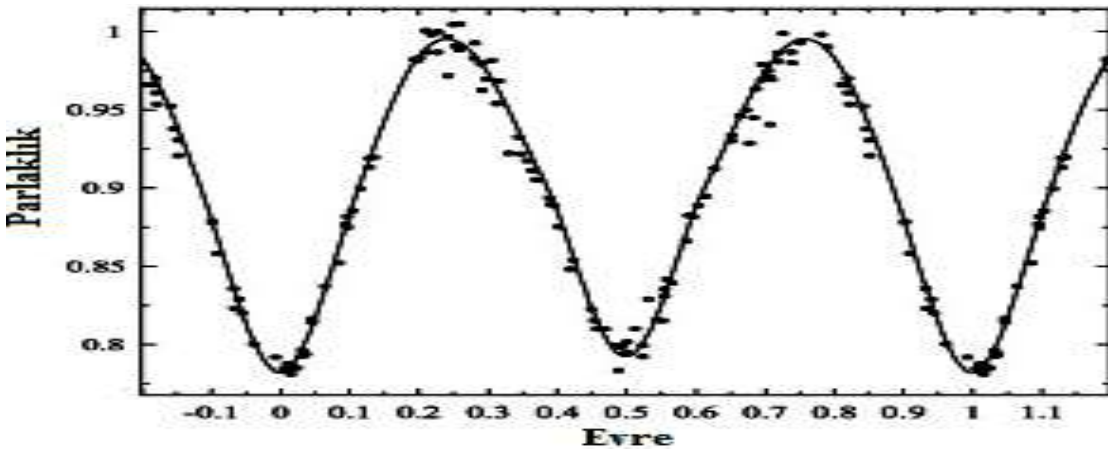
Bu sistemlerin ışık eğrileri, bileşenlerin elipsoidal olmasından dolayı sürekli parlaklık değişimi gösterirler. Sistemin parlaklığı sürekli değiştiği için, tutulmanın başlangıç ve bitiş zamanını kesin olarak belirlemek imkansızdır (Şekil 2.6). İkinci minimum her durumda görülür ama genellikle birinci minimumdan daha sığdır. Yani, birinci minimumda örtülen bileşen sıcak bileşendir. Bileşenler arası kütle aktarımı etkilerinden dolayı ışık eğrileri genellikle asimetric bir yapıya sahiptir.



Şekil 2.6. β Lyr türü bir çift sistem olan V716 Cen'in ışık eğrisi (Bakış vd 2008)

2.2.3.3. W Ursae Majoris (W UMa) türü çift sistemler (EW)

“Değen Çiftler” olarak da bilinen bu sistemler her bir bileşenin Roche lobunu doldurmuş olması sebebiyle küresellikten önemli ölçüde sapmış bileşenler içermektedirler. Ortak bir zarf içinde bulunurlar. Işık eğrilerinde birinci ve ikinci minimumlar neredeyse aynı derinliğe sahiptir. Minimumların aynı derinlikte olması, bileşenlerin aynı sıcaklıkta olduğunu gösterir. Bu durumda ışık değişiminin yegâne sebebi bakış doğrultusuna dik düzlemde yıldızların izdüşüm alanlarının değişmesidir. Sonuçta, yıldızlardan alınan toplam ışık şiddeti, Şekil 2.7’de görüldüğü gibi, sürekli olarak değişim gösterir.



Şekil 2.7. W UMa türü bir çift sistem olan CN Hya'nın ışık eğrisi (Özkardeş vd 2009)

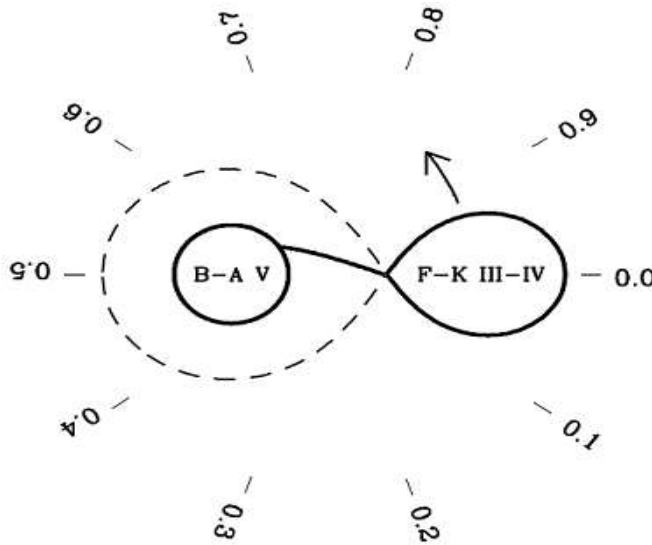
2.3. Algol Türü Çift Sistemler

Yakın çift yıldızların varlığı ilk kez 1783 yılında Goodricke tarafından, Algol (β Persei) yıldızının ışık değişiminin farkedilmesiyle ortaya çıkmıştır (Hilditch 2001). Algol, yoldaş bileşenin Roche şişimini doldurması sonucu kütle aktarımı gösteren etkileşen çift sistemlerin keşfedilen ilk örneğidir (Richards 1992). Kütle aktarımından kaynaklanan gaz akışı, çarpma bölgesi ve toplanma yapıları tayfta karakteristik salma ve soğurma çizgilerine neden olur (Vesper vd 2001).

Algol türü çift sistemleri iki gruba ayırmak mümkündür: O-B türü Algoller ve klasik Algoller. O-B türü Algoller, O-B tayf türünden baş bileşen ve B-A tayf türünden yoldaş bileşen içeren, yörünge dönemleri gün mertebesinde olan yarı-ayrık sistemlerdir. Klasik Algoller ise, B-A tayf türünden baş bileşen ile F-K tayf türünden yoldaş bileşen içeren, yarı-ayrık etkileşen çift sistemlerdir (Hilditch 2001). Bu tezde incelenen sistem U Sge, klasik Algol türü çift sistemler grubunda yer aldığından dolayı bu gruba ait detaylı bilgi Bölüm 2.3.1’de verilmiştir.

2.3.1. Klasik Algol türü çift sistemler

Klasik Algol türü çift sistemler sıcak B-A tayf türünden anakol yıldızı olan baş bileşen ile, soğuk F-K tayf türünden Roche şişimini doldurmuş ve L_1 noktasından kütle aktaran dev ya da alt dev yoldaş bileşenden oluşan yarı-ayrık etkileşen çift sistemlerdir. Klasik Algoller yavaş kütle aktarım evresindedirler ($10^{-11} - 10^{-7} M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$). Bu süreçte akan gaz, Coriolis kuvveti etkisi altında yoldaş bileşenden baş bileşene doğru serbest düşme hareketiyle ilerler. L_1 noktasından çıkan gaz iki yıldızı birleştiren doğru boyunca değil, bu doğrultudan dönme eksenine dik düzlem içinde dönme yönüne doğru Coriolis kuvveti etkisiyle saparak ikinci bileşene akar. Şekil 2.8’de yoldaş bileşenden baş bileşen üzerine akan gazın şematik gösterimi verilmiştir. Sistemin etrafındaki sayı dizilimi evrelere göre bakış doğrultusunu göstermektedir.



Şekil 2.8. Klasik Algol türünden bir çift sistemin Roche geometrisi ile gaz akışının izleyebileceği örnek bir yol için şematik gösterimi (Richards 2001)

Klasik Algollerde yoldaş bileşenin sistemin toplam ışınımına katkısı çok azdır. Göreli olarak daha soğuk ve büyük olan bu bileşenin, sistemin toplam ışığına katkısı ancak kızılötesi dalgaboylarında önemli hale gelmektedir. Ayrıca, manyetik olarak aktif olan yoldaş bileşenden baş bileşen üzerine madde aktarımı sürecinin araştırılması açısından eşsiz astrofiziksel laboratuvarlardır. Bu tez çalışmasında incelenmesi hedeflenen U Sge çift sistemi, klasik Algol türündendir (McCluskey vd 1991).

Klasik Algollerde çap olarak büyük, kütlece küçük olan yoldaş bileşen, baş bileşene göre daha çok evrimleşmiştir. Bu durum, yıldız evrimi teorisine tamamen zıttır çünkü daha az kütleli yıldız daha çok kütleli olan baş bileşene göre daha yavaş evrimleşmiş olması beklenirken, evrimde daha ileri evrede olduğu gözlenmektedir. Algol Paradoksu olarak adlandırılan bu durum ilk olarak Crawford (1955) tarafından açıklanmıştır. Buna göre, başlangıçta daha büyük kütleli olan yoldaş bileşen kütlelerinin büyük çoğunluğunu baş bileşene aktararak, küçük kütleli bileşen haline dönüşmüştür. Bir çok evrim modeli, evrimleşmiş bileşenin H-R diyagramındaki konumuna göre kabukta hala Hidrojen (H) yakma aşamasında veya çekirdek ya da kabuğunda Helyum (He) yanmasının başlangıcında olduğunu varsayar. Bu evrim modelleri çift sistemden kütle kaybının olmadığı, korunumlu kütle aktarımı yaklaşımını kullanmaktadırlar. Tout ve Eggleton'ın (1988) bu tür sistemlerden rüzgârlarla kütle kaybının kanıtını bulmaları üzerine, geri tayf türünden (G tayf türü veya daha geri) bileşen içeren klasik Algollerin evriminin korunumlu kütle aktarımı yaklaşımı ile açıklanamayacağını belirtmişlerdir. Örneğin, Sarna ve de Greve'e (1994) göre U Sge sisteminde yoldaş bileşenin başlangıç kütlelerinin %37'si baş bileşen üzerine aktarılırken, %13'ü sistemin dışına kaçarak kütle kaybına neden olmaktadır.

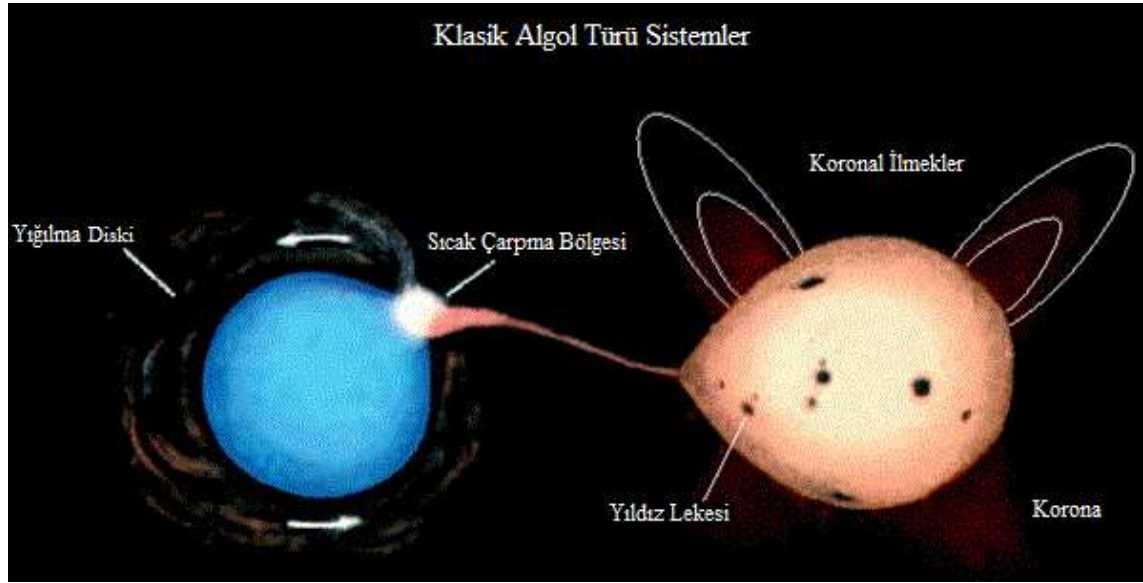
2.3.2. Kısa dönemli klasik Algollerde manyetik etkinlik

Tayf türleri A7'den daha geç olan yıldızlar "soğuk yıldızlar" olarak sınıflandırılırlar (Linsky 1985). Soğuk yıldızlar konvektif dış katmana sahiptirler. X-ışın bölgesinden radyo bölgesine kadar kromosferik ve koronal aktivite yani manyetik aktivite gösterirler. Bu manyetik aktivite, yıldız yüzeyinde yıldız lekeleri ve parlamalar olarak ortaya çıkar. Yıldız lekeleri (Hall 1972) kromosferik aktiviteye, biriken manyetik enerjinin salınmasıyla oluşan parlamalar (van den Oord vd 1988) da koronal aktiviteye bağlıdır.

Son zamanlara kadar, Algol türü sistemlerde yoldaş bileşen, optik bölgedeki toplam ışığa katkısının %5 - %10 civarında olmasından dolayı büyük ölçüde ihmal edilmiştir. Bu tür sistemlerdeki toplam ışığa, mor-öteden (UV) kırmızı-öteye (IR) kadar tüm dalgaboylarında baş bileşen baskın gelmektedir. Ayrıca, parçalı tutulma gösteren sistemlerde baş bileşenin yüzeyinin yaklaşık %30 - %40'ı tutulma boyunca hala görünmektedir. Tam tutulma gösteren sistemler hariç, Algol türü sistemlerdeki yoldaş bileşenlerin toplam ışığa katkısının az olması nedeniyle tayf türleri ve ışınım sınıfları genellikle yüksek hassasiyetle bilinmemektedir.

Algollerin, F-K tayf türünden olan soğuk yoldaş bileşenleri derin konvektif zarflara sahiptirler. Bu tür yıldızlar çift sistemin üyesi oldukları için bileşenlerin birbirine uyguladıkları çekimsel etkiler nedeniyle kendi eksenleri etrafındaki dönme periyotları yörüngede dolanma periyotlarıyla eş zamanlı (senkronize) olmaya zorlanır.

Algollerin dolanma periyotlarının tek yıldızların dönme periyotlarından daha küçük olması nedeniyle, Algollerin soğuk yoldaş bileşenleri aynı tayf türünden tek yıldızlara göre daha güçlü manyetik aktivite sergilerler (Richards ve Albright 1993). Sonuç olarak Algollerdeki yoldaş bileşenler manyetik aktif yıldızlar olarak dikkate alınırlar. Richards (1990), klasik Algol türü çift sistemlerdeki manyetik aktivitenin yoldaş bileşenlerle bağlantılı olduğu belirlemiştir (Şekil 2.9). Bu nedenle, Algol türü çift yıldızlar, kütle aktarımı sürecinde yoldaş bileşenin manyetik alanının etkisini inceleyebilmemize olanak sağlarlar. Baş bileşen hiçbir manyetik aktivite kanıtı göstermediğinden dolayı gaz akımının izleyeceği yolu, yoldaş bileşenin manyetik alanının etkileyip etkilemeyeceği belirlenebilir.



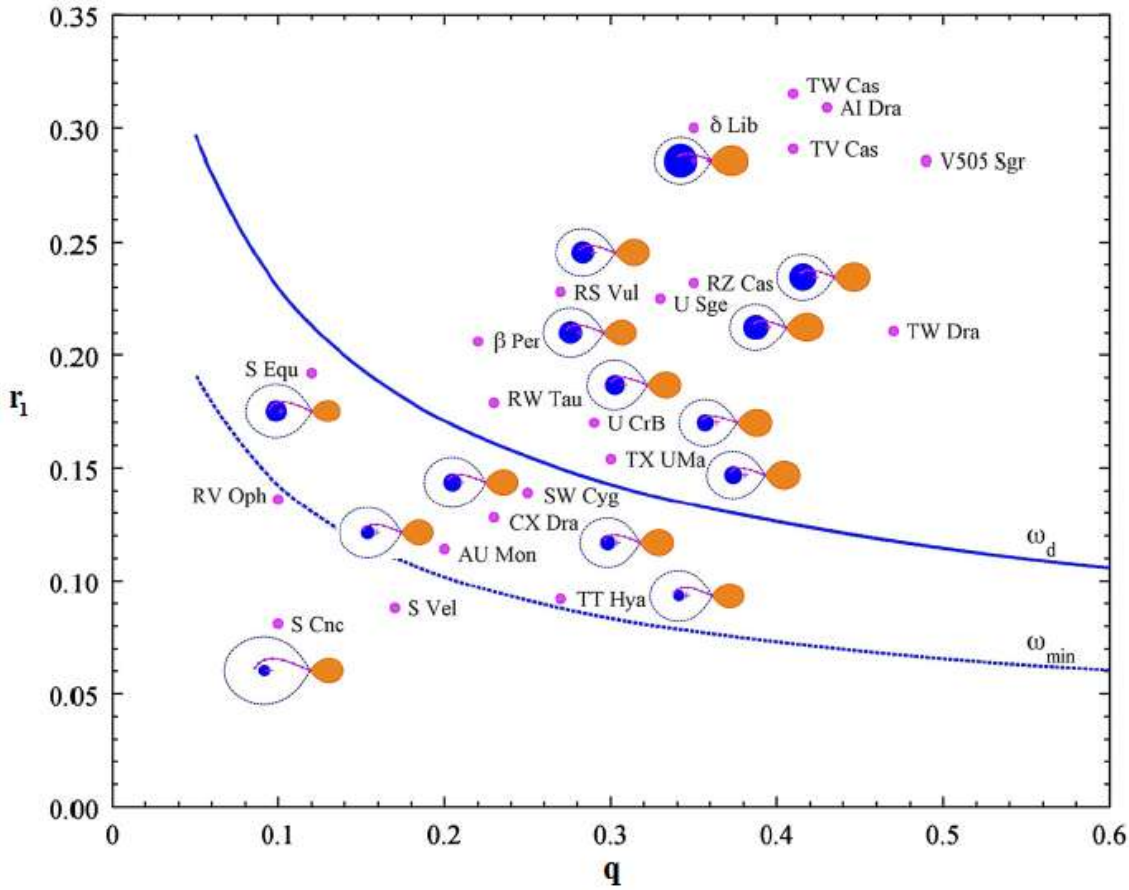
Şekil 2.9. Kısa dönemli Algol türü bir çift sistemde kütle aktarımı, yığılma diski, geç tayf türüne sahip yoldaş bileşenin üzerindeki soğuk lekeler ve ilmeklerin gösterimi (Richards 2000)

Kromosferik aktivite ve kütle aktarımı, gözlenen Balmer çizgi kesitlerinde evreye bağlı olarak, bileşenlerin soğurma çizgi kesitleri üzerine binmiş "ek soğurma" ve/veya salma olarak kendini gösterir. Bileşen yıldızların tayfında görülen ek soğurmanın nedeni, kütle aktarımının sonucu baş bileşen etrafında dağılmış madde, soğuk bileşenin leke etkisi, fotosferik ve/veya kromosferik aktivitesi kaynaklı olabilir. Ayrıca, Ca II H-K çizgilerinde de manyetik aktivitenin göstergesi olan benzer durum söz konusudur. Richards 1992 yılındaki çalışmasında, kısa dönemli klasik Algol olan β Persei sisteminin H_{α} fark çizgi kesitlerinde, birinci tutulmanın ortasına doğru eşdeğer genişlikte hızlı bir düşüşün görüldüğünü, tutulmanın sonunda ise bu düşüşün yok olduğunu tespit etmiştir. Eşdeğer genişlikteki bu hızlı düşüşün yok olmasını ek soğurmaya neden olan kaynağın kaybolmasından değil, ortaya çıkan salmanın, soğurmanın üstüne binmesi olarak yorumlamıştır. Aynı çalışmada, ayrıca, bakış doğrultusunda yoldaş bileşenin üzerinde kromosferik aktiviteden kaynaklanan dönemi birkaç gün ile birkaç saat arasında değişkenlik gösteren prominans ya da parlamaların ek soğurmaya neden olduğu belirtilmiştir.

2.3.3. Klasik Algollerde kütle aktarımı ve belirteçleri

2.3.3.1. r_1 - q diyagramı

Kütle aktarımı gösteren sistemlerde, akan maddenin izlediği yol ve kütle kazanan bileşen etrafındaki dağılımına ilişkin en çok kabul gören kuramsal araştırma, Lubow ve Shu (1975) tarafından yapılmıştır. Bu tür sistemlerde akan maddenin, kütle alan baş bileşen etrafında nasıl bir yapı oluşturacağı onun r_1 - q diyagramındaki yerinden anlaşılabilir (Peters 1989). Kütle alan baş bileşenin kesirsel yarıçapına (r_1) karşı çift sistemin kütle oranı ($q = M_2 / M_1$) noktalanarak r_1 - q diyagramı (Şekil 2.10) elde edilir. Burada M_2 yoldaş bileşenin kütlesi, M_1 ise baş bileşenin kütlesidir. Lubow ve Shu (1976) tarafından hesaplanan W_d ve W_{min} kuramsal eğrileri diyagram üzerinde gösterilmektedir. W_d eğrisi, farklı kütle oranları için klasik toplanma diskinin kesirsel yarıçapı, W_{min} eğrisi ise gazın baş bileşene en yakın olduğu uzaklığın, baş bileşenin kütle merkezinden itibaren ölçümünü gösterir.



Şekil 2.10. r_1 - q diyagramı. Algol türünden bazı sistemlerin diyagram üzerindeki konumları (Richards vd 2014)

Lubow ve Shu'nun (1976) kuramsal hesaplamaları kullanılarak Polidan ve Peters (1982) ile Kaitchuck vd (1985), kısa ve uzun dönemli sistemleri birbirinden ayıran sınırın yaklaşık 5 gün olduğunu belirlemiştir. Yörünge dönemi 5-6 günün

üzerinde olan sistemlerde, bileşenler birbirlerinden, baş bileşenin etrafında kararlı bir toplanma diskinin oluşabilmesi için yeteri kadar uzaktadırlar. Ancak, yörünge dönemi 5 günden az olan sistemler için, baş bileşenin yarıçapı yörünge ayrıklığına göre büyüktür. Bu nedenle, akan maddenin izlediği yol baş bileşenin fotosferiyle keşişir. Yani yoldaş bileşenden akan gaz baş bileşenin fotosferine doğrudan çarpar. Bu çıkarımlar r_1 - q diyagramı yardımıyla kolaylıkla anlaşılabilir. r_1 - q diyagramı üç bölgeden oluşmaktadır (Peters 1989):

I. Bölge: Bir çift sistem W_{\min} eğrisinin altında kalıyor ise, akan madde baş bileşene çarpmaz ve bu maddeyle beslenen kalıcı toplanma diski halini alır.

II. Bölge: Bir çift sistem W_{\min} ve W_d eğrileri arasında kalıyorsa, bu tür sistemler hem kalıcı toplanma diskine hem de akan maddenin kütle kazanan bileşeni sıyrarak geçtiği yerdeki çarpma bölgesine sahip olabilirler.

III. Bölge: Bir çift sistem W_d eğrisinin üstünde yer alıyorsa, akan madde baş bileşene doğrudan çarpar. Bunun sonucu olarak çarpma bölgesi (şok alanı) oluşur ve kütle alan bileşen etrafında geçici disk oluşabilir. Bu sistemler tayflarında, akan maddeden, çarpma bölgesinden ve geçici diskten kaynaklanan oldukça değişken salma yapısı sergilerler.

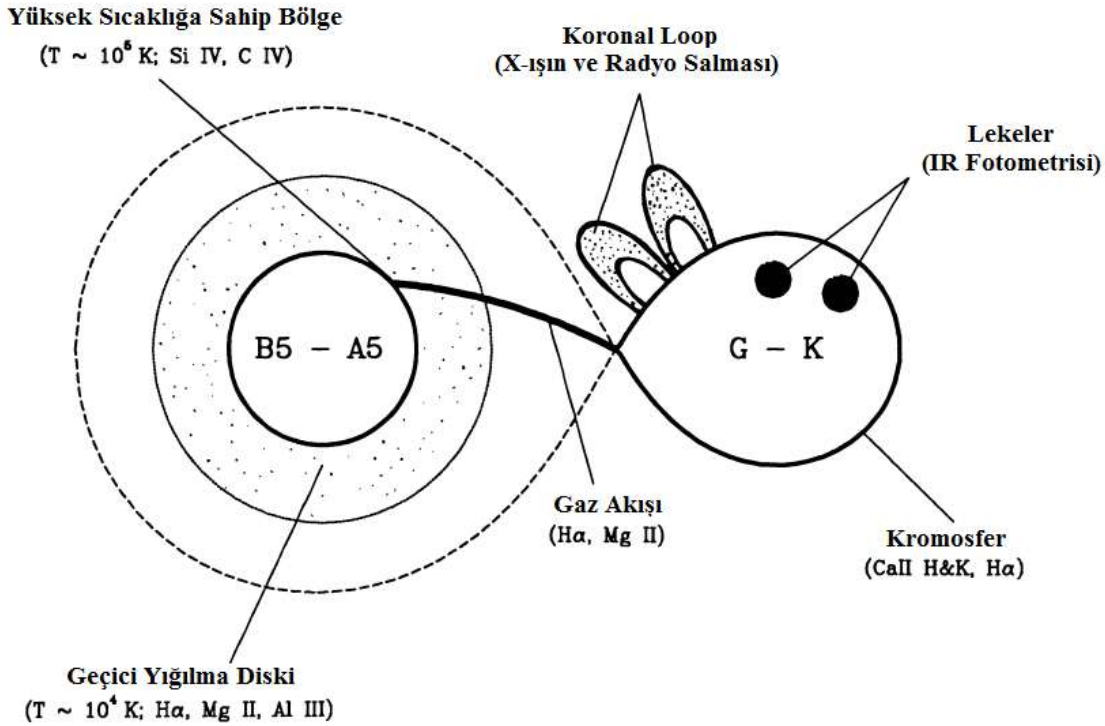
Uzun dönemli Algoller ($P > 6$ gün) W_{\min} eğrisinin altında kalırken, kısa dönemli Algoller ($P < 6$ gün) genellikle W_d eğrisinin üstünde kalırlar. Uzun dönemli Algollerde baş bileşenin yarıçapı, çift sistemin ayrıklığına göre küçüktür ve kütle transferi “kalıcı toplanma diski” olarak sonuçlanır. Bu disk, genellikle güçlü çift-tepeli salma çizgileriyle karakterize edilen kalıcı bir yapıdadır. Mavi ve kırmızıya kaymış salma tepeleri, sırasıyla diskin bize yaklaşan ve uzaklaşan taraflarından oluşur.

Madde toplanması sürecinin en karmaşık hali kısa dönemli Algollerde görülür. Bunun nedeni, baş bileşenin yarıçapı çift sistemin ayrıklığına göre çok büyüktür ve gaz, L_1 noktasından Coriolis kuvveti ile baş bileşenle temasını engellemek için yeteri kadar saptırılmamıştır. Sonuç olarak, yüksek hıza ($\sim 500 - 600 \text{ km s}^{-1}$) sahip gaz akışı başlangıçta yavaş dönen baş bileşene ($V_1 \sin i \leq 150 \text{ km s}^{-1}$) ya doğrudan çarpar ya da sıyrarak geçer. Gaz akışının çarpmasıyla ısınan bölge, yüksek sıcaklığa sahip çarpma bölgelerini oluşturur. Tayfin UV dalgaboylarında bu bölgelerden kaynaklanan yüksek derecede iyonlaşmış elementlere ait çizgiler (örneğin Si IV, C IV, S III, Al III) gözlenebilir. Çarpma bölgesinin sıcaklığı $\sim 10^6 \text{ °K}$ 'nin üstüne çıkmaz ve bunun sonucu olarak yoğun X-ışın ışınımı oluşmaz. Algol türü sistemlerden gelen X-ışın ışınımının neredeyse tamamı, geç tayf türünden kütle kaybeden bileşen üzerindeki manyetik aktiviteden meydana gelir, toplanma yapısının herhangi bir kısmından gelmez. Çarpma bölgesindeki gazın bir kısmı, baş bileşenin üstünde sıçrayarak bileşenin etrafında yörüngelere geri salınır. Bu süreç, çarpışmalar sonucundaki enerji kayıpları nedeniyle maddenin kütle alan bileşen üstünde toplanmasına kadar devam eder (Richards 2001, Bakış vd 2016).

Kısa dönemli Algollerde çevresel madde, kütle kazanan bileşenin yarıçapıyla karşılaştırılabilecek kadar uzağına dağıtılır ve baş bileşen etrafında asimetric bir dağılım gösterir (Kaitchuck ve Honeycutt 1982a). Hızı Kepler hızına oldukça yakın ama daha

azdır. Ayrıca, çevresel maddenin kütlesi ($10^{-12} - 10^{-10} M_{\odot}$) ve elektron kolon yoğunluğu ($N_e \sim 10^9 - 10^{11} \text{ cm}^{-3}$) oldukça değişkenlik gösterir. Geçici disklerden gelen salma, sistemin süreklilik akısıyla karşılaştırıldığında oldukça zayıftır. Oysa kalıcı disklerden gelen salmalar genellikle çok daha güçlüdür. Buna ek olarak, kalıcı disklerdeki gaz önemli ölçüde daha kararlıken, geçici disklerdeki gaz oldukça değişken ve bir yörünge döneminde değişim gösterebilecek kadar kararsızdır.

Kısa dönemli Algollerde gözlenen çevresel maddenin özellikleri şematik olarak Şekil 2.11'de gösterilmiştir. Bu özellikler hem Balmer çizgileri ve tayfın UV bölgesinin incelenmesi ile hem de UVB fotometrik gözlem sonuçlarından çıkarılmıştır.



Şekil 2.11. Kısa dönemli Algol türünden bir çift sistemde çevresel madde ve manyetik aktivitenin şematik gösterimi (Richards ve Albright 1993)

2.3.3.2. H_{α} çizgi kesitleri

Algollerde kütle aktarım sürecinin tayflar üzerindeki etkilerinin araştırılmasında en klasik yöntem, Balmer çizgilerinin, özellikle H_{α} çizgisinin değişimini incelemektir. Balmer çizgilerinin tercih edilmesinin nedeni, yıldızlarda Hidrojenin en bol element olması ve bu elementin Balmer çizgilerinin görünür bölge aralığına düşmesidir. Balmer çizgilerinin yanında C IV (1548 Å), Fe III (1122 Å, 1132 Å), He I (4472 Å, 5876 Å, 6678 Å), N III (990 Å, 992 Å), N V (1239 Å), O IV (1032 Å, 1038 Å), Si II (6371 Å) ve Si IV (1394 Å) gibi çizgilerin de incelendiği sıkça görülmektedir. Bu çizgilerden, görünür bölgede olanlar akan madde ve toplanma diskleri ile ilgili bilgi verirken, UV ve uzak-UV'de olanlar akan maddenin baş bileşenin fotosferine çarptığı sıcak bölge hakkında bilgi verirler (Peters ve Polidan 1984).

Algol türü bir çift sistemde Balmer salması ilk kez Wyse (1934) tarafından, tam tutulma gösteren RW Tau sisteminde belirlenmiştir. Wyse, birinci minimum civarında H_{β} , H_{γ} ve H_{δ} çizgilerinde maviye kaymış salmalar gözlemiş ve bu salmaların yoldaş bileşenin kromosferinden ya da alandaki başka bir yıldızdan kaynaklanabileceğini önermiştir. Ayrıca, aynı sistem üzerine tekrar gözlem yaptığı zaman salma çizgilerinin olmadığını belirlemiştir. Joy (1942) bu sistemin tayfında, birinci minimumda, dikine hızı (RV) $\pm 350 \text{ km s}^{-1}$ olan kırmızıya ve maviye kaymış salmalar olarak tespit ederek, bunu baş bileşen etrafında bulunan disk yapısından kaynaklandığı şeklinde açıklamıştır. Bu tür araştırmalar madde aktarımı ve toplanması üzerine yapılan incelemeleri başlatmıştır.

Algol diskleri ile ilgili detaylı araştırmalar, Huang ve Struve (1956) tarafından yapılmıştır. Huang ve Struve, Kuiper'in (1941) ve Wood'un (1946) araştırmalarından yararlanarak Algollerdeki disk maddesinin, yoldaş bileşenin Roche şişimini doldurarak L_1 noktasından taşması sonucu meydana geldiğini belirlemişlerdir. Uzun dönemli sistemlerde diskin daha büyük ve kalıcı olmasından dolayı kısa dönemli sistemlerdekinden çok daha kolay bir şekilde belirlenebileceğini önermişlerdir. Kısa dönemli Algollerden olan U Sge ve RW Tau sistemlerine ait önceden yaptıkları gözlemlerden, Balmer salmasının geçiciliğini, değişken kütle aktarımı aktivitesiyle açıklamışlardır. Huang ve Struve'un öncü çalışmalarından sonra, Algol sistemlerindeki diskleri belirlemek amacıyla çalışmalar başlamıştır.

Plavec ve Polidan (1976), hem uzun hem de kısa dönemli Algol sistemlerine ait inceledikleri 40 adet H_{α} tayfında salma yapıları bulmuşlardır. Bu salma yapılarının, disk, şok bölgesi, kromosfer ve çift sistemi çevreleyen kabuktan kaynaklanabileceğini önermişlerdir. Peters (1980), 50'nin üzerinde Algol türü sistemi incelediğinde, uzun dönemli sistemlerde H_{α} salmasının yaygın ve kalıcı olmasına rağmen, kısa dönemli sistemlerde nadir ve geçici olduğunu bulmuştur.

Peters (1989), uzun ve kısa dönemli sistemler üzerine yaptığı çalışmada, dönemi 6 günden büyük olanlarda kalıcı, çok az değişken H_{α} salması, dönemi 5-6 gün arasında olanlarda oldukça değişken H_{α} salması ve dönemi 4.5 günden daha küçük olanlarda ise H_{α} salması çok az belirlenebilmiştir. Bu sonuçlar, uzun ve kısa dönemli Algol sistemleri arasındaki farkın tanımlanmasına olanak sağlamıştır.

Daha sonraki çalışmalarda Algollerin H_{α} çizgi kesitleri ayrıntılı bir şekilde incelenmiş, uzun ve kısa dönemli Algoller arasındaki karakteristik farklar şu şekilde özetlenmiştir (Richards ve Albright 1999):

- i. Çift-tepeli salma veren sistemler: Yığılma yapıları, geçici ya da kalıcı klasik toplanma disklerine sahiptir.
- ii. Güçlü tek-tepeli salma veren sistemler: Toplanan madde, gaz akışının izlediği yol boyunca ve iki bileşen arasında toplanma halkasında bulunur.
- iii. Değişen tek-tepeli salma veren sistemler: Bir yörünge dönemi boyunca salmalar, tek ve çift-tepeli olmak üzere değişiklik gösterebilir.

- iv. Zayıf salmalı sistemler: Yığılma yapısına dair kanıtların tüm evreler boyunca çok az gözlenebildiği sistemlerdir.

Çizelge 2.1’de, farklı yörünge dönemlerine sahip Algol sistemlerinde H_{α} fark tayflarındaki salma yapılarının biçimleri (Richards ve Albright 1999) verilmektedir.

Çizelge 2.1. Algol sistemlerindeki H_{α} salmalarının morfolojisi

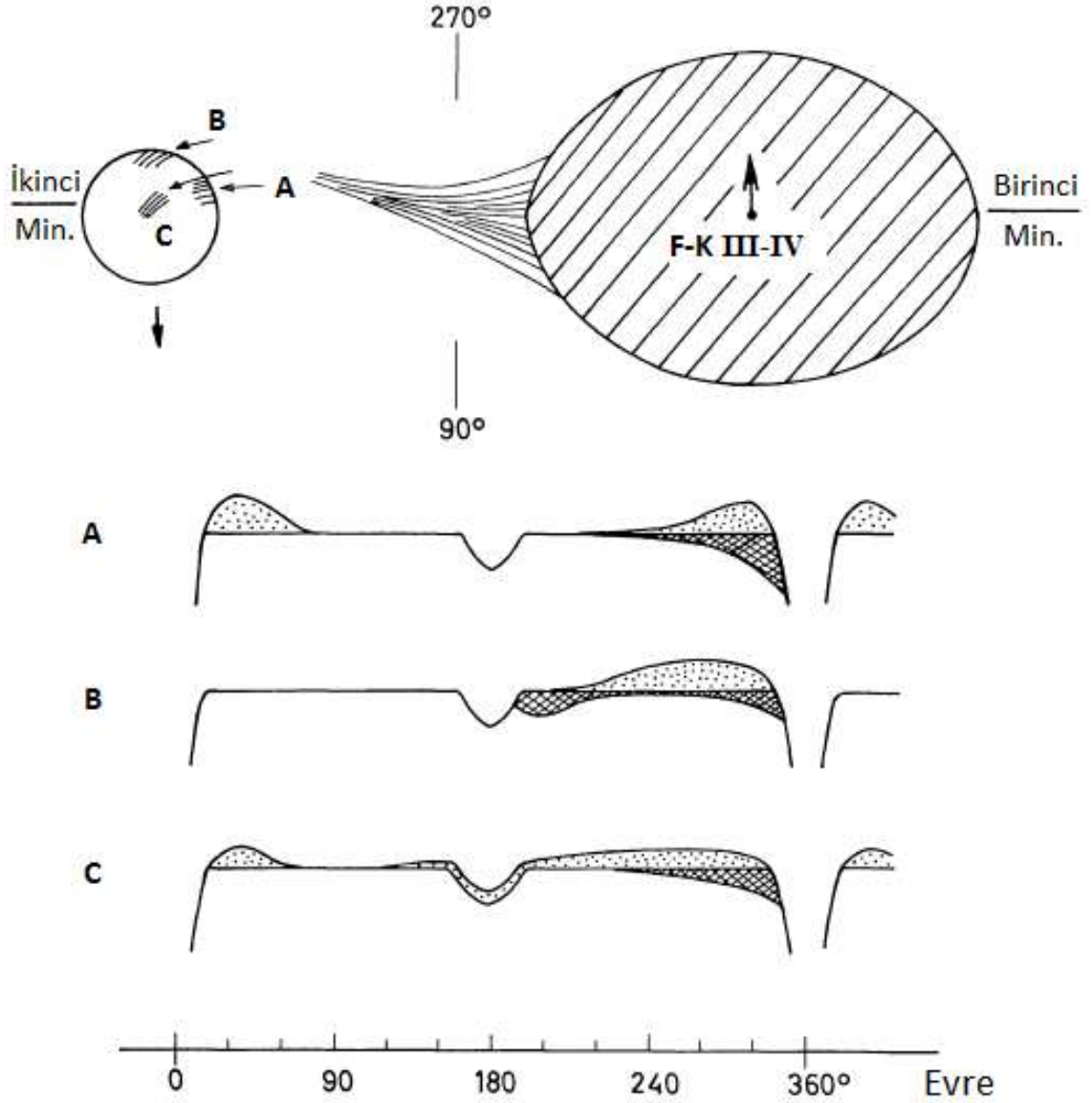
Morfoloji	Dönem (gün)	Örnek Sistemler
Çift-tepeli salma: Kalıcı	$P > 6.0$	CX Dra, TT Hya, AU Mon
Çift-tepeli salma: Değişken	$4.5 < P < 6.0$	SW Cyg
Tek-tepeli salma	$2.7 < P < 4.5$	RW Tau, B Per, TX UMa, S Equ, RS Vul
Tek-tepeli salma	$1.2 < P < 2.8$	RZ Cas, TW Dra
Değişken salma yapıları	$2.7 < P < 4.5$	U Sge, U CrB, RW Tau, TX UMa, S Equ, RS Vul
Zayıf salma yapıları	$P < 2.4$	V505 Sgr, AI Dra, TW Cas, δ Lib

2.3.3.3. Işık eğrisindeki değişimler

Algol türü bir çift sistemde bileşenler arasındaki kütle aktarımının ışık eğrisi üzerindeki etkileri, farkedilemeyecek düzeylerden belirgin boyutlardaki bozulmalara kadar değişkenlik gösterebilir. Belirgin düzeydeki bozulmalar, aktif kütle aktarımında bulunan sistemlerde görülür (Olson 1985). Kütle aktarımı tayfta, salma çizgileri veya kesiti bozulmuş soğurma çizgileri ile belirlenebilir. Kısa dönemli Algollerde, gaz akışlarının ve disklerin ışık eğrileri üzerindeki etkileri oldukça azdır. Yoldaş bileşenden çıkan maddenin baş bileşen üzerine çarptığı bölgeye göre ışık eğrisinde farklı değişimler olabilir (Şekil 2.12). Birinci minimum öncesi parlaklık azalmasından dolayı düşüşler veya çarpma bölgesinden dolayı parlaklıkta artışlar görülebilir. Kısa dönemli Algollerin aynı evrede fakat farklı gecelerde alınmış ışık eğrilerinde tutulmaların dışında oldukça değişken oldukları görülebilmektedir. Bu türden değişimlerin şiddeti genellikle $0^m.01 - 0^m.05$ arasındadır. Tutulma öncesi ve sonrası parlaklık azalmasındaki farkların nedeni ise, toplanma diskinin asimetrik yapısından kaynaklanmaktadır (Olson 1987).

Uzun dönemli Algollerde ise akan maddenin ve disklerin ışık eğrileri üzerindeki etkileri daha belirgindir. Kalıcı disklerin varlığı nedeni ile neredeyse tüm evrelerde ışık eğrisinde bozulmalar görülür. Özellikle ikinci minimumlar oldukça geniş, asimetrik ve derin olarak ortaya çıkar. Bunun sebebi, baş bileşen çevresindeki kalıcı toplanma diskinin yoldaş bileşeni örtmesinden kaynaklanır (Hilditch 2001).

Algollerde birinci minimum civarındaki ışık değişimlerinin sebebi, yoldaş bileşenin manyetik etkinliği olabilir. Ayrıca, özellikle tam tutulma gösteren sistemlerde tutulma sırasında, yalnızca soğuk bileşenden veya tam örtülmedi ise diskten gelecek ışık birbirine karışmış olabilir. Bu durumlarda, kütle aktarımı veya manyetik etkinlik tayf çalışmalarıyla desteklenmelidir.



Şekil 2.12. Yoldaş bileşenden çıkan gazın baş bileşene çarpma bölgeleri ve buna bağlı olarak ışık eğrilerinde gözlenen bozulmalar (Walter 1973)

Şekil 2.12'de görüldüğü gibi eğer gaz, baş bileşenin ekvator bölgesi yakınına çarparsa (A bölgesi) A ışık eğrisi, ekvator bölgesi yakınına belli bir açı altında sıyrarak geçerse (B bölgesi) B ışık eğrisi ve kutup bölgesine çarparsa (C bölgesi) C ışık eğrisi oluşur.

2.3.3.4. Yörünge dönemindeki değişimler

Klasik Algollerde kütle aktarımı, küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene doğrudur. Bu durum, korunumlu kütle aktarımı varsa yörünge dönemini arttırır (Selam ve Demircan 1999). Bu etki O-C diyagramında kolları yukarı doğru olan parabolik değişim olarak ortaya çıkar. Bölüm 2.3.1’de değinildiği üzere, Algoller için evrim modelleri, genellikle korunumlu kütle aktarımını varsayar. Ancak yapılan araştırmalar, bazı sistemlerden yıldız rüzgârlarıyla da kütle kaybedildiğini ortaya çıkardığı için, Algollerde dönem değişimi her iki durum için incelenmelidir. Algollerde manyetik olarak aktif bileşenden yıldız rüzgârlarıyla açılal momentum kaybı yörünge dönemini azaltır, ancak sistemin toplam kütlelerini önemli ölçüde değiştirmez.

Korunumlu kütle aktarımı, bir bileşenden kaybedilen kütlelerin tamamının diğer bileşen tarafından alınmasıdır. Böylece, sistemdeki toplam kütle ve toplam yörünge açılal momentumu korunur. Eğer, başlangıçta daha fazla kütleyle sahip olan bileşen küçük kütleli bileşene kütle aktarıyorsa yörünge dönemi kısalırken yörünge boyutu da küçülür. Yörünge boyutunun küçülmesi Roche loblarının da küçülmesi anlamına geldiği için kütle transferini hızlandırır. Bu nedenle dönemdeki bu kısalma evresi çok kısa süre içinde gerçekleşir, yani kütleler eşitlendiği anda biter. Kütlelerin eşitlendiği durumda yörünge en küçük boyutuna ulaşır. Kütleler eşitlendikten sonra kütle kaybeden bileşen kütle aktarmaya devam ederse dönem ve bileşenler arasındaki ayrıklık tekrar artmaya başlar (Hilditch 2001). Ayrıklığın artması Roche loblarının büyümesi anlamına geldiği için, madde aktarımı frenlenir. Duran madde aktarımının tekrar başlaması için madde aktaran bileşenin biraz daha evrimleşip, yarı çapını büyütüp Roche lobunu tekrar doldurması gerekmektedir. Bu yüzden bu evre önceki kütle aktarım evresine göre çok daha uzun süren bir evredir.

2.4. U Sagittae (HD 181182, HIP 94910)

U Sagittae (B7-B8 V + G2-G4 II-IV) yörünge dönemi $P = 3.38$ gün olan, tam tutulma gösteren Algol türü sistemlerin en parlakıdır ($m_v = 6^m.5$) ve Schwab (1901) tarafından değişen yıldız olarak keşfedilmesinden bu yana astronomların sık sık incelediği sistemler arasındadır. Sistemin fotometrik gözlemlerinden mutlak parametrelerinin belirlenmesi, Cester ve Pucillo (1972), McNamara ve Feltz (1976), van Hamme ve Wilson (1986), Olson (1987), Manzoori vd (2006) ve Manzoori (2008) tarafından yapılmıştır. Sistemin tayfsal yörünge parametreleri de Joy (1930), McNamara (1951a), Tomkin (1979), Dobias ve Plavec (1985) tarafından belirlenmiştir. U Sge sisteminde baş bileşen yoldaş bileşenden oldukça parlaktır. Bu yüzden ilk tayfsal çalışmalarında yoldaş bileşenin dikine hızları yalnızca baş bileşenin örtüldüğü tam tutulma evreleri civarında ölçülebilmştir. Dolayısıyla, yoldaş bileşene ait dikine hız yarı-genliği bu evre civarındaki tayfsal verilere yapılan fitin eğiminden bulunmuştur (Joy 1930, McNamara 1951a, Dobias ve Plavec 1985). Tomkin (1979) hem baş hem de yoldaş bileşenin dikine hızlarını çeyrek evrelerde Na D, Ca II ve Mg I çizgilerinden ölçmüştür. Buradan, baş ve yoldaş bileşen için dikine hız yarı-genliklerini sırasıyla $K_1 = 76 \pm 3 \text{ km s}^{-1}$ ve $K_2 = 209 \pm 5 \text{ km s}^{-1}$ olarak belirlemiştir. Literatürde bahsedilen hem fotometrik hem de tayfsal çalışmalardan baş bileşenin sıcaklığı $12000 \text{ }^\circ\text{K}$ ile $13200 \text{ }^\circ\text{K}$ arasında farklı farklı değerlerde hesaplanırken, yoldaş bileşenin sıcaklığı $4900 \text{ }^\circ\text{K}$ ile $6400 \text{ }^\circ\text{K}$ arasında farklı değerlerde belirlenmiştir. Fotometrik çalışmalardan

kütle oranı yaklaşık 0.4 olarak elde edilmiştir. Sistemin tayfsal çalışmalarından ise bu oran ($q = K_1 / K_2$) yaklaşık 0.33 olarak bulunmuştur. Fotometrik ve tayfsal çalışmalardan elde edilen kütle oranları arasındaki bu fark, yoldaş bileşenin kütlelerinin $3.5 M_{\odot}$ 'ten (McNamara ve Feltz 1976) $5.7 M_{\odot}$ 'e (Tomkin 1979, Dobias ve Plavec 1985) kadar değişen geniş bir kütle aralığında hesaplanmış olmasından kaynaklanmaktadır.

Birçok yazar sistemde kütle aktarımı ve disk olabileceğine dair deliller sunmuştur. Struve (1949), yaptığı gözlemlerde Balmer çizgilerinde birtakım anormallikler olduğunu ve soğurma çizgilerinin ise zayıf ve genişlemiş olduğunu farketmiştir, ardından baş bileşen etrafında halka olduğunu belirlemiştir. McNamara (1951a) detaylı tayfsal analizleri çerçevesinde dikine hız değişimlerinin ve tutulma dışı asimetrielerin ölçümleri sonucunda bileşenler arası gaz akışının varlığını önermiştir. Yazar ayrıca salma çizgilerini, salma yapılarının en iyi gözlenebildiği tam tutulma evrelerinde gözlemiştir (McNamara, 1951b). Sistemin daha sonra gözlenen Balmer çizgilerinde, tam tutulma evresinde veya dışında açıkça seçilebilen bir salmaya rastlanmamıştır (Plavec ve Polidan 1976, Kaitchuck vd 1985). McNamara ve Feltz (1976) sistemin ışık eğrisinde ölçtükleri UV artığının varlığını, baş bileşenin etrafında ekvatoryal düzlemde yıldızı saran bir madde birikimi ile açıklamışlardır. Kreiner ve Ziolkowski (1978), O-C analizi ile ilgili çalışmalarında, yörünge döneminin son 80 yılda çok küçük miktarda arttığı sonucuna varmışlardır. Korunumlu kütle aktarımı varsayımı altında, kütle transfer oranını yaklaşık olarak $3 \times 10^{-8} M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$ olarak hesaplamışlardır. Bu sonuç, baş bileşenin senkronize dönme hızından ($V_{\text{senk1}} = 60 \text{ km s}^{-1}$) biraz daha hızlı ($V_{\text{rot1}} = 70 \text{ km s}^{-1}$) dönmesiyle desteklenmektedir (van Hamme ve Wilson 1986). Olson (1987), U Sge'nin ışık eğrisinde 0.80 ile 0.95 evreleri arasında sistemin parlaklığında bir düşme belirlemiş ve bunu akan maddenin o evreler arasında baş bileşenin üzerine olan izdüşümüyle açıklamıştır. McCluskey vd (1991) IUE (International Ultraviolet Explorer) verilerinden, sistemin toplamda 28 adet orta-UV (mid-ultraviolet) ve uzak-UV (far-ultraviolet) tayfını analiz etmişlerdir. Sonuçlarının daha önce bulunan sistemdeki gaz akışı önerileriyle uyumlu olduğunu belirtmişlerdir. McCluskey vd (1991) IUE tayflarında tüm evrelerde görülen Si IV ve C IV soğurma çizgilerinin varlığını ortaya koymuşlardır. Bu çizgilerin varlığını, fotosfer sıcaklıklarından daha yüksek sıcaklıklar gerektirdiğinden ($T \sim 2 \times 10^4 \text{ }^{\circ}\text{K} - 10^5 \text{ }^{\circ}\text{K}$), baş bileşeni saran şok bölgesiyle açıklamışlardır. Albright ve Richards (1995) KPNO'da (Kitt Peak National Observatory) elde edilmiş 140 adet H_{α} tayfını analiz ettikten sonra, H_{α} fark tayflarını elde etmişlerdir. Bu tayflarda, sistemde geçici toplanma diskinin varlığının göstergesi olan çift-tepeli salmalar belirlenmiştir. Yazarlar, diskin yarıçapını H_{α} fark tayflarında diskin bize yaklaşan kısmının tutulma evresini kullanarak $1.68 R_1$ (R_1 , baş bileşenin yarıçapı), elektron yoğunluğunu $N_e \geq 8 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ve kütlelerini $M \leq 8 \times 10^{-12} M_{\odot}$ olarak belirlemişlerdir. Bu ölçümleri kütle transferinin hızlı olduğu dönemler boyunca yapmışlardır. Diskteki gaz dağılımının sadece birkaç yörünge çevriminde bile büyük değişkenlik gösterdiğini belirlemişlerdir. Disk, Roche yüzeyinin yaklaşık %80'ini doldurmaktadır. Elde edilen disk yarıçapı, Khan ve Budding (1986) tarafından U Sge için baş bileşenin tutulması boyunca H_{β} indeksindeki değişimleri kullanarak bulunan disk yarıçapı $1.6 R_1$ ile uyumludur. U Sge sisteminin 1993 - 1994 yıllarında elde ettikleri H_{α} tayflarından fark tayfları kullanılarak, sistemin etrafındaki maddenin modellenmesi ve ayrıntılı çalışmaları Richards ve Albright (1999), Richards (2003, 2004), Richards vd (2014) tarafından yapılmıştır. En son çalışmasında

Richards vd (2014) sistemin 2-Boyutlu hız görüntülerini oluşturarak sistemde birçok etkinin birlikteliğini belirlemişlerdir. Bu çalışmalarında, 1993 yılında elde edilen tayflarda akan madde, akan maddenin yıldız çarpma bölgesi, toplanma diski, ek soğurma bölgesi ve yoldaş bileşenden kaynaklanan kromosferik etkinin varolduğu belirlenip, 1994 yılında elde edilen tayflarda ise bir önceki yıldan farklı olarak akan maddenin yıldız çarpma bölgesi ve toplanma diski etkileri belirlenememiştir. Sisteminin literatürde verilen fiziksel parametreleri Çizelge 2.2.'de (1 ve 2 alt indisleri sırasıyla baş ve yoldaş bileşeni göstermektedir) yer almaktadır.

Çizelge 2.2. U Sge sisteminin literatürde yer alan parametreleri

Parametre (Birim)	Değer	Referans
Sağ Açıklık	$\alpha = 19^{\text{sa}} 18^{\text{dk}} 48.4^{\text{s}}$	SIMBAD
Dik Açıklık	$\delta = +19^{\circ} 36' 37.7''$	SIMBAD
Dikine Hız Genliği (km s^{-1})	$K_1 = 70.0 \pm 0.1$	McNamara (1951b)
Dikine Hız Genliği (km s^{-1})	$K_2 = 209 \pm 5$	Tomkin (1979)
Yörünge Eğim Açısı ($^{\circ}$)	$i = 89^{\circ}.0$	Olson (1987)
Kütle Oranı	$q = 0.33 \pm 0.01$	Dobias ve Plevce (1985)
Kütle (M_{\odot})	$M_1 = 5.7 \pm 0.3$ $M_2 = 1.9 \pm 0.1$	Dobias ve Plevce (1985)
Yarıçap (R_{\odot})	$R_1 = 4.21 \pm 0.3$ $R_2 = 5.30 \pm 0.2$	Dobias ve Plevce (1985)
Ayrıklık (R_{\odot})	$a = 18.7 \pm 0.4$	Dobias ve Plevce (1985)
Dönme Hızı (km s^{-1})	$V_{\text{rot1}} \sim 100$ $V_{\text{rot2}} = 75 \pm 15$	Dobias ve Plevce (1985)
Yüzey Çekim İvmesi (cgs)	$\log g_1 = 3.90 \pm 0.1$ $\log g_2 = 3.25 \pm 0.1$	Dobias ve Plevce (1985)
Etkin Sıcaklık (K)	$T_1 = 12250 \pm 250$ $T_2 = 5250 \pm 250$	Dobias ve Plevce (1985)
Basıklık	$e = 0.0$	Dobias ve Plevce (1985)
Uzaklık (pc)	$d = 290 \pm 20$	Dobias ve Plevce (1985)

Bu tez araştırmasında ise, U Sge sisteminin 2013 - 2014 yıllarında TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde elde edilen yüksek çözünürlüklü échelle tayfları literatürdeki bu bilgilerle birlikte ve yine literatürden alınan ışık eğrisi ile birlikte çözülmek suretiyle, önce sisteminin ve bileşenlerin fiziksel parametrelerinin belirlenmesi, sonrasında sistemin baş bileşeni etrafındaki geçici disk yapısının modellenmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca bu disk yapısının, sistemin échelle tayflarının elde edildiği 2013 - 2014 yıllarında nasıl bir değişkenlik sergileyeceğini araştırmak da bu tez çalışmasının amacı dahilindedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Gözlemler ve Veriler

Bu tez çalışmasında, örten çift sistem U Sge yalnızca tayfsal olarak gözlenmiştir. Sistemin fotometrik verileri, sistemi inceleyen McNamara ve Feltz'in (1976) çalışmasından alınmıştır. U Sge çift sisteminin tayfsal verileri, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) bulunan, 1.5 m ayna çaplı RTT150 (Russian Turkish Telescope) teleskobuna bağlı Coude - Échelle tayfçeki ile elde edilmiştir.

TUG yerleşkesi, Antalya'nın Saklıkent bölgesinde bulunan Bakırlitepe'de kuruludur. Deniz seviyesinden 2500 m yükseklikte bulunan yerleşke, 36° 49' 27" Kuzey enlemi ve 30° 20' 08" Doğu boylamında yer alır. Ülkemizin en büyük optik teleskobu olan RTT150 teleskobu, Rusya ile Türkiye arasında imzalanan bir protokol çerçevesinde 1998 yılında kurulmuş ve ilk ışık Eylül 2001'de alınmıştır. Üyeleri TÜBİTAK, Kazan Devlet Üniversitesi ve Rusya Bilimler Akademisi Uzay Araştırmaları Enstitüsü'dür. St. Petersburg'daki LOMO fabrikasında yapılan RTT150 teleskobunun Özbekistan'da Maidanak Gözlemevi'nde bir eşi bulunmaktadır.

RTT150 teleskobu, Ritchey - Chretien optik sistemine sahip, Cassegrain (görüntüleme/tayf amaçlı) ve Coude (tayf amaçlı) odaklarında çalışabilen bir teleskoptur. Cassegrain odağının odak oranı f/7.7 ve açılal görüş alanı 26".7 iken, Coude odağının odak oranı f/48 ve açılal görüş alanı 3".83'tür. RTT150 teleskobuna bağlı Coude - Échelle tayfçeki 4000 Å ile 9000 Å arasında sürekli dalgaboyunu kapsayacak şekilde 68 échelle tayf dizisinden (échelle - order) oluşmaktadır.

12 Eylül 2013 ve 8 Ağustos 2014 tarihleri arasında ardışık ve aralıklı 14 gecede yapılan gözlemlerde U Sge sisteminin toplamda 111 adet yüksek çözünürlüklü tayfi elde edilmiştir. Eylül 2013 ve Nisan 2014 tarihlerinde yapılan gözlemler 3600 saniye poz süresi, bu tarihlerden sonraki gözlemler ise 1200 saniye poz süresi verilerek yapılmıştır. Gözlemlerde, Toryum - Argon lambası mukayese tayfi ve flat düzeltmesi için beyaz ışık görüntüsü her bir gecenin başında ve sonunda alınmıştır. Elde edilen 111 adet tayfsal verinin gözlem kütüğü, Güneş merkezine indirgenmiş Jülyen günlerine (HJD) göre sıralanmış şekilde Çizelge 3.1'de verilmiştir. İlk kolonda gözlem ortası zamanının Güneş merkezine indirgenmiş Jülyen günleri (HJD), ikinci kolonda ve üçüncü kolonda sırasıyla bu günlere karşılık gelen tarihler ve Evrensel Zaman'lar (UT) gösterilmektedir. Dördüncü kolonda ise Denklem 3.1'e göre hesaplanmış gözlem ortasına karşılık gelen evreler gösterilmektedir. U Sge'nin güncel ışık elemanları ($T_0 = 2452501.81$ ve $P = 3.380636$) Kreiner Veritabanı'ndan (Kreiner 2004) alınmıştır. Evreler Denklem 3.1'deki referans minimum zamanından (T_0) gözlem ortasındaki zamana (T) kadar olan zaman farkının yörünge dönemine (P) bölünmesiyle elde edilen çevrim sayısından (E), yine bu çevrim sayısının tam kısmının çıkartılmasıyla hesaplanmıştır. Son kolonda da her bir tayfin saniye biriminde poz süresi yer almaktadır.

$$E = \frac{T - T_0}{P} = \frac{T - 2452501.81}{3.380636} \quad (3.1)$$

Çizelge 3.1. U Sge çift sisteminin elde edilen tayfsal verilerinin gözlem kütüğü

HJD	Tarih	Saat	Evre	Poz Süresi
2456548.2747141	12.09.2013	18:32:00	0.954	3600
2456548.3116437	12.09.2013	19:25:11	0.965	3600
2456548.3562706	12.09.2013	20:29:27	0.978	3600
2456548.4003072	12.09.2013	21:32:52	0.991	3600
2456548.4443902	12.09.2013	22:36:21	0.004	3600
2456549.2579866	13.09.2013	18:08:00	0.245	3600
2456549.3029145	13.09.2013	19:12:42	0.258	3600
2456549.3467659	13.09.2013	20:15:51	0.271	3600
2456549.3911498	13.09.2013	21:19:46	0.284	3600
2456549.4380682	13.09.2013	22:27:20	0.298	3600
2456550.2691052	14.09.2013	18:24:06	0.544	3600
2456550.3129219	14.09.2013	19:27:12	0.557	3600
2456550.3567850	14.09.2013	20:30:22	0.570	3600
2456550.4011224	14.09.2013	21:34:13	0.583	3600
2456551.3053255	15.09.2013	19:16:21	0.850	3600
2456551.3518620	15.09.2013	20:23:22	0.864	3600
2456551.3963730	15.09.2013	21:27:28	0.877	3600
2456552.2572449	16.09.2013	18:07:12	0.132	3600
2456552.3006565	16.09.2013	19:09:43	0.145	3600
2456751.5482450	04.04.2014	01:10:40	0.082	3600
2456751.5970796	04.04.2014	02:20:59	0.097	3600
2456752.5487582	05.04.2014	01:11:18	0.378	3600
2456752.5921410	05.04.2014	02:13:46	0.391	3600
2456780.4209001	02.05.2014	22:04:15	0.623	1200
2456780.4364915	02.05.2014	22:26:42	0.628	1200
2456780.4520944	02.05.2014	22:49:10	0.632	1200
2456822.3351502	13.06.2014	19:57:21	0.021	1200
2456822.3507527	13.06.2014	20:19:49	0.026	1200
2456822.3663551	13.06.2014	20:42:17	0.031	1200
2456822.4229198	13.06.2014	22:03:44	0.047	1200
2456822.4392862	13.06.2014	22:27:18	0.052	1200
2456822.4548886	13.06.2014	22:49:46	0.057	1200
2456822.4894733	13.06.2014	23:39:34	0.067	1200
2456822.5050758	14.06.2014	00:02:02	0.072	1200
2456822.5206782	14.06.2014	00:24:30	0.076	1200

Çizelge 3.1'in devamı

HJD	Tarih	Saat	Evre	Poz Süresi
2456822.5369983	14.06.2014	00:48:00	0.081	1200
2456823.3425846	14.06.2014	20:08:00	0.319	1200
2456823.3668332	14.06.2014	20:42:55	0.327	1200
2456823.3824473	14.06.2014	21:05:24	0.331	1200
2456823.4412458	14.06.2014	22:30:04	0.349	1200
2456823.4568598	14.06.2014	22:52:33	0.353	1200
2456823.4724738	14.06.2014	23:15:02	0.358	1200
2456823.4880878	14.06.2014	23:37:31	0.362	1200
2456823.5037019	15.06.2014	00:00:00	0.367	1200
2456823.5193159	15.06.2014	00:22:29	0.372	1200
2456823.5356822	15.06.2014	00:46:03	0.377	1200
2456824.3352374	15.06.2014	19:57:22	0.613	1200
2456824.3508398	15.06.2014	20:19:50	0.618	1200
2456824.3664423	15.06.2014	20:42:18	0.622	1200
2456848.2995166	09.07.2014	19:05:07	0.702	1200
2456848.3151186	09.07.2014	19:27:35	0.706	1200
2456848.3307206	09.07.2014	19:50:03	0.711	1200
2456848.3465541	09.07.2014	20:12:51	0.716	1200
2456848.3621561	09.07.2014	20:35:19	0.720	1200
2456848.3777581	09.07.2014	20:57:47	0.725	1200
2456848.4011841	09.07.2014	21:31:31	0.732	1200
2456848.4233719	09.07.2014	22:03:28	0.738	1200
2456848.4389740	09.07.2014	22:25:56	0.743	1200
2456848.4545759	09.07.2014	22:48:24	0.748	1200
2456848.4701780	09.07.2014	23:10:52	0.752	1200
2456848.4857799	09.07.2014	23:33:20	0.757	1200
2456848.5013820	09.07.2014	23:55:48	0.761	1200
2456848.5169839	10.07.2014	00:18:16	0.766	1200
2456848.5325860	10.07.2014	00:40:44	0.771	1200
2456848.5485467	10.07.2014	01:03:43	0.775	1200
2456848.5641488	10.07.2014	01:26:11	0.780	1200
2456848.5797507	10.07.2014	01:48:39	0.785	1200
2456852.3847893	13.07.2014	21:07:52	0.910	1200
2456852.4003913	13.07.2014	21:30:20	0.915	1200
2456852.4160048	13.07.2014	21:52:49	0.919	1200

Çizelge 3.1'in devamı

HJD	Tarih	Saat	Evre	Poz Süresi
2456852.4321391	13.07.2014	22:16:03	0.924	1200
2456852.4477410	13.07.2014	22:38:31	0.929	1200
2456852.4633430	13.07.2014	23:00:59	0.933	1200
2456852.4792806	13.07.2014	23:23:56	0.938	1200
2456852.4948824	13.07.2014	23:46:24	0.943	1200
2456852.5104844	14.07.2014	00:08:52	0.947	1200
2456852.5274984	14.07.2014	00:33:22	0.952	1200
2456852.5431003	14.07.2014	00:55:50	0.957	1200
2456852.5587022	14.07.2014	01:18:18	0.962	1200
2456853.3684046	14.07.2014	20:44:16	0.201	1200
2456853.3840065	14.07.2014	21:06:44	0.206	1200
2456853.3996084	14.07.2014	21:29:12	0.210	1200
2456853.4158122	14.07.2014	21:52:32	0.215	1200
2456853.4314141	14.07.2014	22:15:00	0.220	1200
2456853.4470160	14.07.2014	22:37:28	0.224	1200
2456853.4630230	14.07.2014	23:00:31	0.229	1200
2456853.4786365	14.07.2014	23:23:00	0.234	1200
2456853.4942499	14.07.2014	23:45:29	0.238	1200
2456853.5108588	15.07.2014	00:09:24	0.243	1200
2456874.3466202	04.08.2014	20:13:10	0.407	1200
2456874.3622218	04.08.2014	20:35:38	0.411	1200
2456874.3778233	04.08.2014	20:58:06	0.416	1200
2456874.3977534	04.08.2014	21:26:48	0.422	1200
2456874.4133549	04.08.2014	21:49:16	0.426	1200
2456874.4289565	04.08.2014	22:11:44	0.431	1200
2456875.3536467	05.08.2014	20:23:19	0.704	1200
2456875.3692598	05.08.2014	20:45:48	0.709	1200
2456875.3848729	05.08.2014	21:08:17	0.714	1200
2456875.4004860	05.08.2014	21:30:46	0.718	1200
2456875.4160990	05.08.2014	21:53:15	0.723	1200
2456875.4317121	05.08.2014	22:15:44	0.727	1200
2456875.4473252	05.08.2014	22:38:13	0.732	1200
2456875.4629383	05.08.2014	23:00:42	0.737	1200
2456878.2821175	08.08.2014	18:40:25	0.571	1200
2456878.2977305	08.08.2014	19:02:54	0.575	1200

Çizelge 3.1'in devamı

HJD	Tarih	Saat	Evre	Poz Süresi
2456878.3133435	08.08.2014	19:25:23	0.580	1200
2456878.3413868	08.08.2014	20:05:46	0.588	1200
2456878.3569998	08.08.2014	20:28:15	0.593	1200
2456878.3726129	08.08.2014	20:50:44	0.597	1200
2456878.3882258	08.08.2014	21:13:13	0.602	1200
2456878.4038388	08.08.2014	21:35:42	0.607	1200

3.2. Veri İndirgeme

Ham tayf verisinin indirgenmesinde, IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) yazılımında yer alan standart indirgeme paketleri kullanılmıştır. Eylül 2013 tayfları 3600 saniye poz süresiyle alınırken, sonrasında elde edilen tayflar ise her görüntüye giren kozmik ışınları belli bir değerin altında tutabilmek amacıyla 1200 saniye poz süresiyle alınmıştır. Bu nedenle, Eylül 2013 ve Nisan 2014 tarihlerine ait 23 adet gözlem verisinin indirgenmesinden sonra, diğer gözlem verilerinin indirgenmesi için izlenen yol biraz farklı olmuştur. 1200 saniye poz süresi ile alınan toplam 88 adet görüntü indirgeme sırasında, aynı gecede alınmış ardışık üçer tayf olması koşuluyla birleştirilmiştir. Gözlemler sırasında olumsuz hava şartlarından dolayı sadece iki tane alınabilen görüntüler de yine ardışık ikişer tayf olmak koşuluyla birleştirilmiştir. Bu durumda, toplam 30 adet birleştirilmiş tayf elde edilmiştir. Sonraki tüm analizlerde, başta sözü edilen 23 adet 3600 saniye poz süreli birleştirilmemiş tayflar da dahil olmak üzere $23 + 30 = 53$ adet tayf, 53 farklı evreyi ifade etmesi ile, U Sge sisteminin tayfsal incelenmesinde kullanılmıştır.

Tayfsal verilere ait indirgeme için, IRAF'ta échelle paketi içerisinde bulunan tasklar kullanılmıştır. İndirgemeler, échelle tayfları için standart olan adımlar izlenerek, aşağıdaki gibi yapılmıştır:

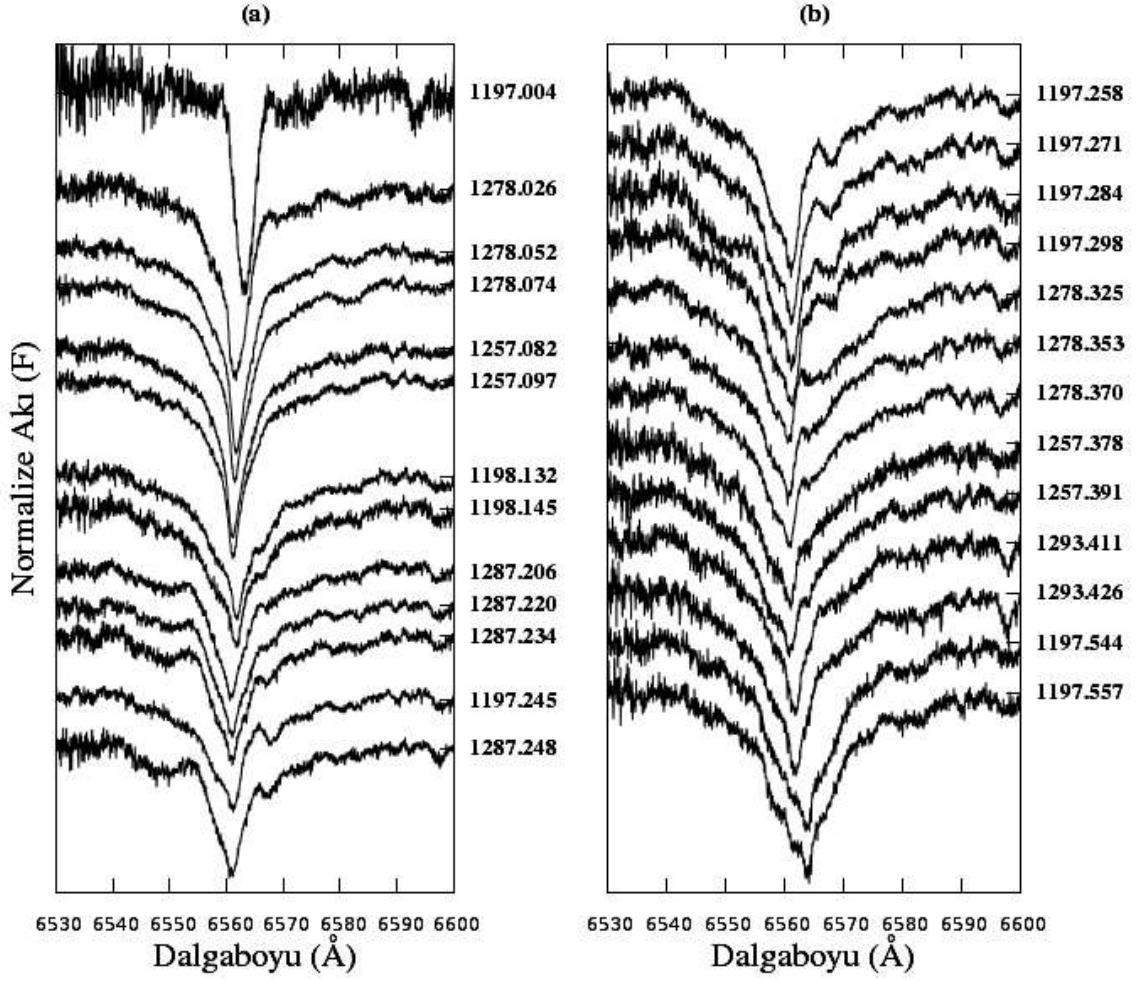
- i. Bias düzeltmesi: CCD (Charge Coupled Device) görüntüsü üzerinde bulunan aletsel kaynaklı etkilerden kurtulmak için piksellerin sıfır seviyesi (bias) belirlenip, bulunan değer tüm görüntülerden (Flat, kalibrasyon lambası ve gözlenen cisim) aritmetik işlemle çıkartılmıştır.
- ii. Flat normalizasyonu: Her pikselin üzerine düşen ışığa vereceği cevabı belirlemek için homojen aydınlatılmış bir düz alan görüntüsü (flat) alınmıştır. Flat görüntüsü, aynı görüntüde elde edilen en yüksek okuma değerine bölünerek 1'e normalize edilmiştir.
- iii. Dizi okuma: CCD üzerine düşen échelle tayf dizilerinin (order) konumları belirlenerek, order boyunca piksellerde biriken sayımlar elde edilmiştir. Böylece tayf görüntüsünden tayfsal veriye geçiş gerçekleştirilmiştir.
- iv. Ardışık tayfların birleştirilmesi: Ard arda alınan tayf görüntüleri kozmik ışın etkisini en aza indirmek için aritmetik işlemle toplanmıştır.

- v. Flat düzeltmesi: Her bir pikselin, üzerine düşen ışığa farklı yanıt vermesi (piksellerin kuantum etkinliğinin farklı olması) tayf görüntüsü üzerinden okunacak sayım değerine çarpan olarak etki eder. Bu sebeple tayf görüntüleri, normalize edilmiş flat görüntüsüne bölünmüştür.
- vi. Dalgaboyu kalibrasyonu: Kalibrasyon lamba tayfları yardımıyla her piksele karşılık gelen dalgaboyu değerleri belirlenmiştir. Böylece gözlenen yıldız tayflarından okunan akı değerleri piksel yerine dalgaboyuna karşılık ifade edilmiştir.
- vii. Süreklilik normalizasyonu: Yıldız tayfları, okunan süreklilik akısı değerine aritmetik işlemle bölünerek 1'e normalize edilmiştir.

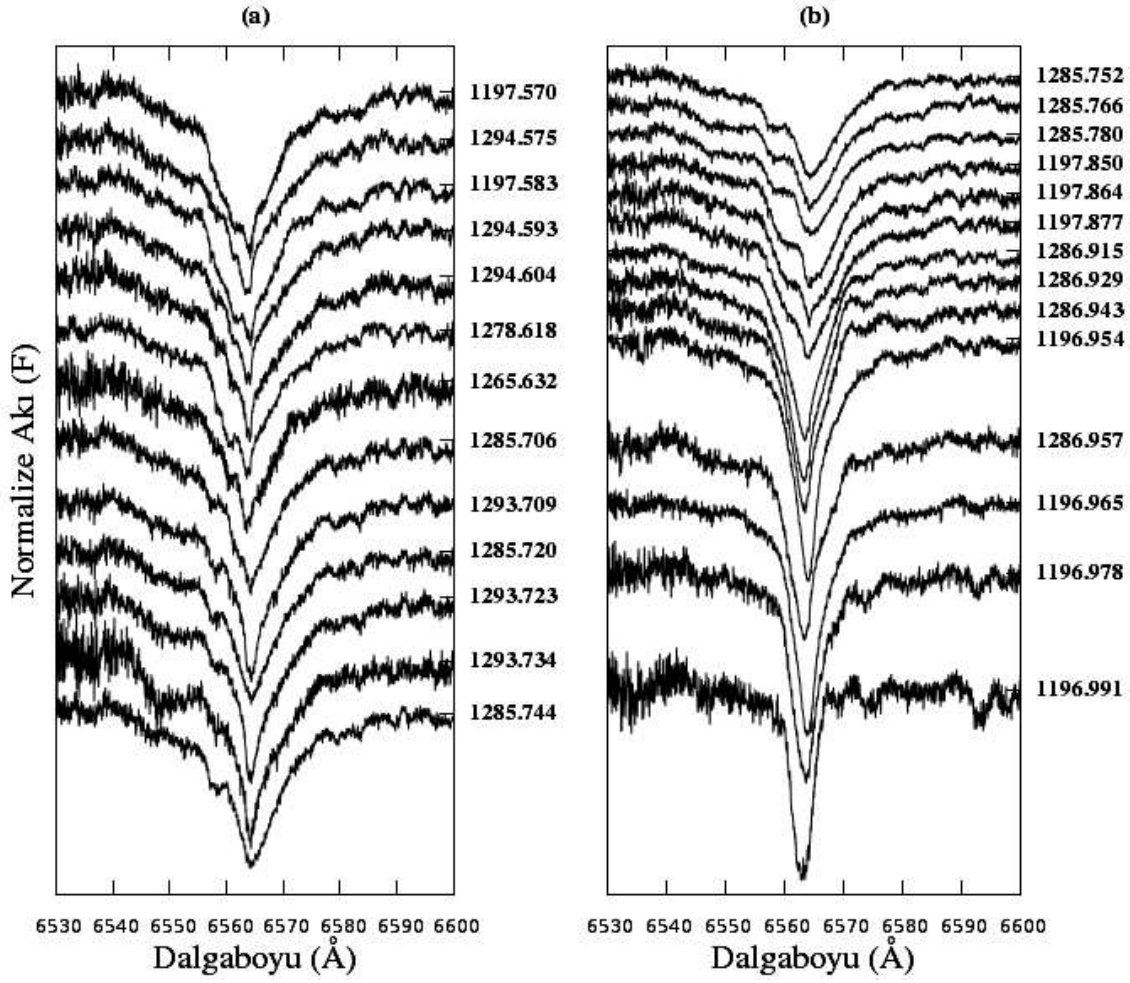
Gözlenen tayfların birleştirilmesinden sonra elde edilen 30 adet tayf yeniden evrelendirilmiştir. Birleştirilen tayf gruplarındaki ilk görüntünün gözlem başlangıç zamanı (UT) ile son görüntünün gözlem bitiş zamanı (UT) arasında geçen sürenin yarısı, ilk görüntünün gözlem başlangıç zamanına eklenerek, birleştirilen grubun gözlem ortası zamanı hesaplanmıştır. Bu zamana karşılık gelen JD'ler HJD'ye çevrilerek Denklem 3.1'e göre evrelendirilmiştir. Bunun dışında birleştirilmeden kullanılan 23 adet tayfin evreleri Çizelge 3.1'de hesaplanan evrelerdir. Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te gösterilen tayflar hesaplanan evrelere göre sıralanmıştır.

Şekil 3.1.a, Şekil 3.1.b, Şekil 3.2.a ve Şekil 3.2.b'de U Sge sisteminin yukarıda bahsi geçen adımlar izlenerek indirilmesi yapılan tayflarında, H_{α} bölgesini içeren toplam 53 adet 19. échelle tayf dizileri yörünge periyodu evrelerine göre sıralanmış olarak verilmektedir. Ayrıca, H_{α} çizgi kesiti yakınındaki süreklilik bölgesinden bu tayfların Sinyal/Gürültü oranları (S/G) ortalama 150 olarak okunmuştur.

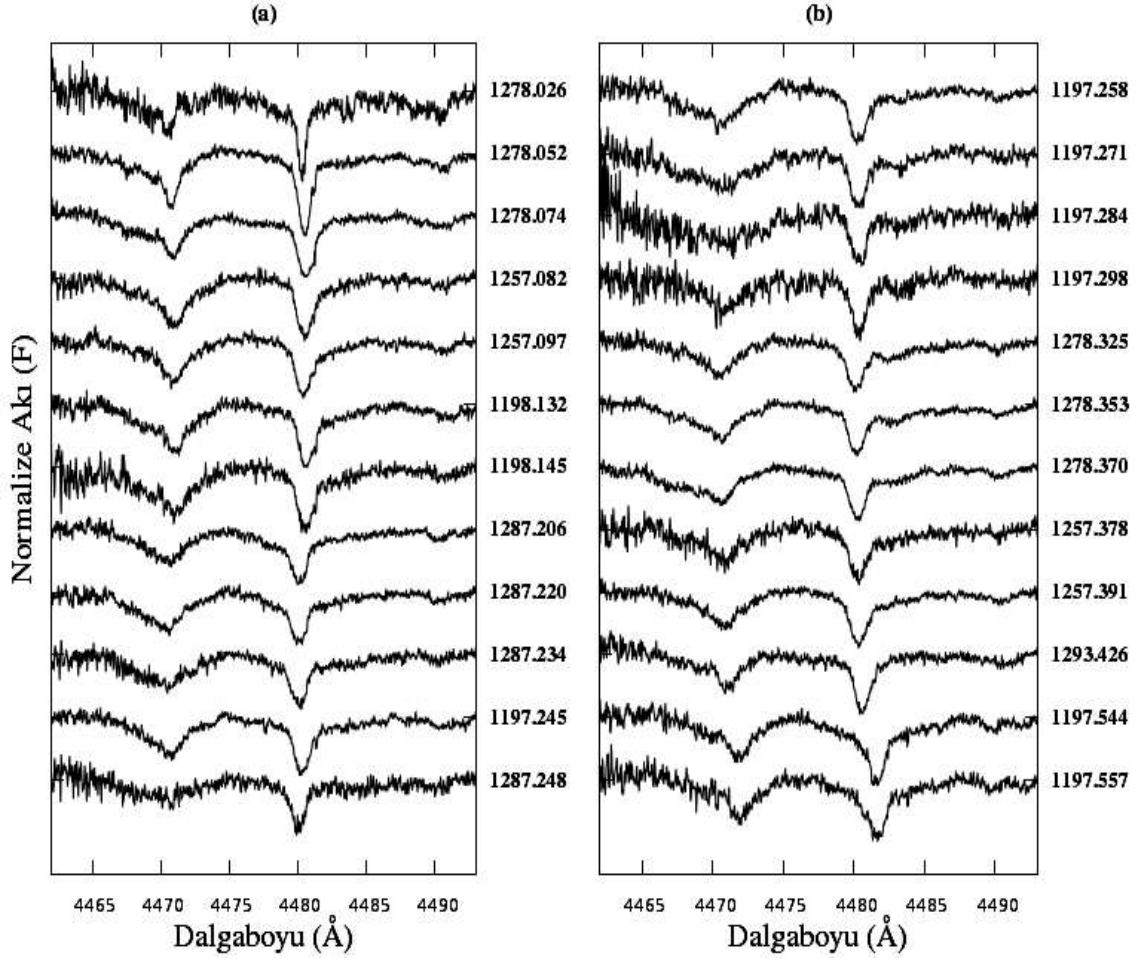
Şekil 3.3.a, Şekil 3.3.b, Şekil 3.4.a ve Şekil 3.4.b'de ise U Sge sisteminde baş bileşenin atmosfer modelini oluşturmak amacıyla, indirilmesi yapılan tayflarından seçilen toplam 50 adet (53 adet tayfın 3'ünün, 53. échelle dizisinde bulunan bozukluk nedeniyle indirilmesi yapılamamıştır) 53. échelle tayf dizileri gösterilmektedir. 53. échelle tayf dizisi He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgilerini içermektedir. Bu tayf dizisinin seçilmesinin nedeni, He I ve Mg II çizgilerinin sadece baş bileşene ait olmasıdır.



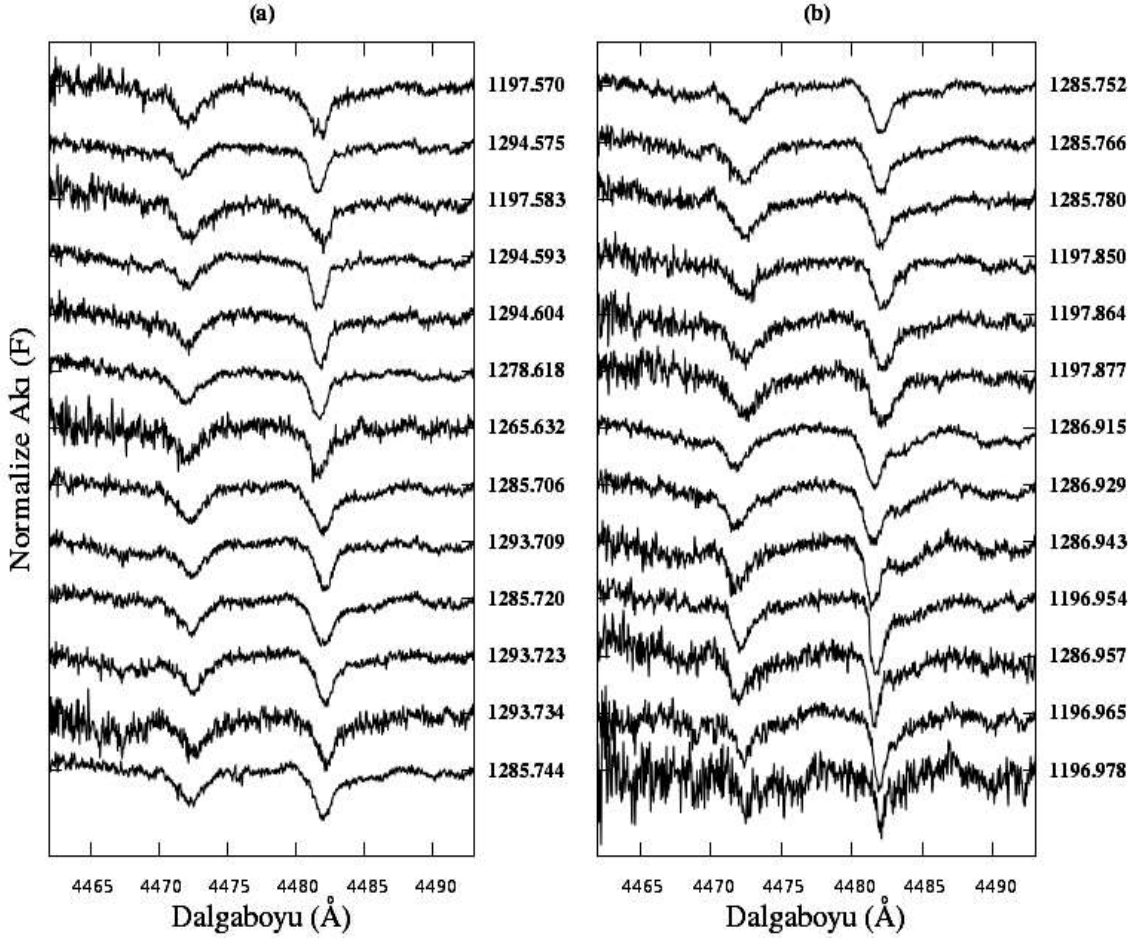
Şekil 3.1. U Sge sisteminin gözlenen tayflarındaki H α çizgisini içeren tayf bölgesinin a) $\phi = 0.00 - 0.25$ evre aralıklarında b) $\phi = 0.25 - 0.56$ evre aralıklarında evreye göre sıralanmış tayfları



Şekil 3.2. U Sge sisteminin gözlenen tayflarındaki H_{α} çizgisini içeren tayf bölgesinin a) $\phi = 0.56 - 0.75$ evre aralıklarında b) $\phi = 0.75 - 1.00$ evre aralıklarında evreye göre sıralanmış tayfları



Şekil 3.3. U Sge sisteminin gözlenen tayflarının, He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgilerini içeren tayf bölgesinin a) $\phi = 0.00 - 0.25$ evre aralıklarında b) $\phi = 0.25 - 0.56$ evre aralıklarında evreye göre sıralanmış tayfları



Şekil 3.4. U Sge sisteminin gözlenen tayflarının, He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgilerini içeren tayf bölgesinin a) $\phi = 0.56 - 0.75$ evre aralıklarında b) $\phi = 0.75 - 1.00$ evre aralıklarında evreye göre sıralanmış tayfları

3.3. Kullanılan Analiz Yöntemleri

U Sge sisteminde baş bileşen çevresindeki maddenin modellenmesinde sırasıyla aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

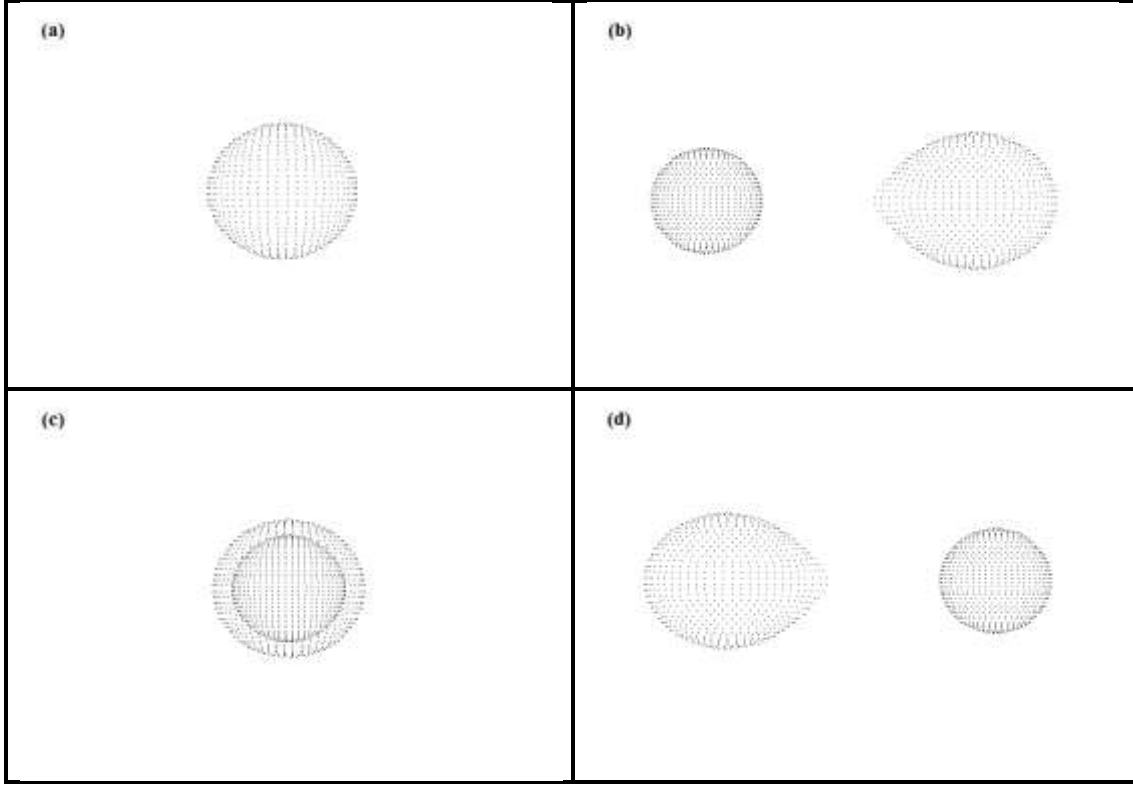
- Gözlenen tayfların indirgenmesinden sonra, yoldaş bileşen için model atmosfer oluşturulup, 5025 Å – 6700 Å dalgaboyları aralığında $R = 40000$ çözünürlüklü sentetik tayflar elde edilmiştir.
- İndirgenmiş tayflardan, baş bileşenin dikine hızları ölçülmüştür. Sistemin yörünge evrelerine göre oluşturulan dikine hız eğrisinden baş bileşenin dikine hız yarı-genliği elde edilmiştir. Literatüreden yoldaş bileşenin dikine hız yarı-genliği alınarak analiz için başlangıç kütle oranı, $q = K_1 / K_2$ formülü ile elde edilmiştir. Bu kütle oranı, dikine hızları ve yörünge parametrelerini belirlemek amacıyla kullanılan KOREL programında girdi parametresi olarak kullanılmıştır. Bu analiz sonucunda ise, sistemin sonuç kütle oranı belirlenmiştir.

- iii. Mutlak parametrelerin belirlenebilmesi için tayfsal analiz yanında sistemin ışık eğrisi analizinin de yapılması gereklidir. Ayrıca tayfların bileşenlerine ayrıştırılması ve duyarlı tayfsal yörünge parametrelerini belirlemek için kullanılan KOREL programı, tayfların alındığı evrede bileşenlerin ayrı ayrı toplam ışığa olan oransal katkılarına ihtiyaç duyar. Bu sebeple KOREL programının uygulandığı 53. échelle tayf dizisine en yakın bant olan, McNamara ve Feltz'in (1976) makalesinden alınan Strömgren *b* bandındaki ışık eğrisi tercih edilmiş ve çözülmüştür. Böylece bileşenlerin bu dalgaboyunda her evredeki toplam ışığa olan katkıları bulunmuştur.
- iv. İndirgenmiş tayfların 53. échelle dizilerinden bileşenlerin tayfları KOREL programı yardımıyla ayrıştırılarak, yıldızların ayrı ayrı tayfları elde edilmiştir.
- v. Ayrıştırılmış tayflardan (53. échelle dizisi) baş bileşene ait olan kullanılıp, model atmosfer programıyla üretilen sentetik tayflar baş bileşenin tayfıyla eşleştirilmiş, en iyi uyum gösteren model belirlenip (En Küçük Kareler Yöntemi) baş bileşen için model atmosfer parametreleri üretilmiştir. Belirlenen model atmosfer parametrelerinden, baş bileşenin H_α çizgisini içeren 6520 Å – 6610 Å dalgaboyu aralığını kapsayan 19. échelle dizisi için sentetik tayf üretilmiştir. Bu adımda üretilen baş bileşenin sentetik tayfı ve birinci adımda üretilen yoldaş bileşenin sentetik tayfı, SHELLSPEC programında çevresel maddenin modellenmesi için kullanılmıştır.
- vi. Tayfsal ve fotometrik analizler sonucunda bileşenlerin kütle, yarıçap, ışınım gücü, etkin sıcaklık, yüzey çekim ivmesi ve dönme hızları gibi mutlak parametreleri elde edilmiştir.
- vii. Bileşenlerin 6520 Å – 6610 Å dalgaboyu aralığındaki sentetik tayfları ile gözlenen tayfların H_α çizgisi karşılaştırılarak, baş bileşen etrafındaki çevresel madde modellenmiştir.

İlerleyen bölümlerde yukarıda sözü geçen analiz aşamaları detayları ile birlikte anlatılacaktır. Analiz sonuçları ise Bulgular ve Tartışma bölümünde (Bölüm 4) verilecektir.

3.3.1. Yoldaş bileşen için model atmosfer ve sentetik tayf

Sisteme ilişkin çevresel maddenin modellenebilmesi için kullanılan SHELLSPEC kodu (Bkz. Bölüm 3.3.6), bileşenler için üretilmiş sentetik tayflara ihtiyaç duyar. U Sge çift sisteminin tam tutulma göstermesi, yoldaş bileşenin mutlak parametrelerinin belirlenmesi ve çevresel maddenin modellenmesi açısından büyük avantaj sağlamaktadır. Yoldaş bileşenin baş bileşeni tamamen örttüğü 0.0 evrede (Şekil 3.5.a) alınan tayflar modellenerek, yoldaş bileşene ait sıcaklık, çekim ivmesi ve dönme hızı tahmin edilebilir. Baş bileşenin, yoldaş bileşenin önünde olduğu 0.5 evresi (Şekil 3.5.c) için aynı avantajdan bahsedilemez. Bunun nedeni, 0.0 evresinde sistemden alınan tayf sadece yoldaş bileşene ait iken, 0.5 evrede alınan tayfta, baş bileşenin yanında diskin ve dev yıldız olan yoldaş bileşenin katkısının da olmasıdır. Bu amaçla U Sge ile ilgili araştırmaya tam tutulma evresinde, yani 0.0 evrede alınan tayfın analizinden başlanmıştır.



Şekil 3.5. U Sge'nin Roche modeli gösterimi ($i = 90^\circ$). a) $\phi = 0.00$ evre b) $\phi = 0.25$ evre c) $\phi = 0.50$ evre d) $\phi = 0.75$ evre

Yıldızların fotosferlerinden gelen ışınım, onlar hakkında bilgi edinmenin tek yoludur. Tayfsal yapıların oluştuğu atmosferdeki fiziksel derinlik; sıcaklık, yoğunluk, düzey popülasyonları ve optik derinlik koşullarına bağlıdır. Yıldızlardan gelen ışınım, ağırlıklı olarak optik derinliğin $\tau = 1$ olduğu katmandan gelir. Tayflardaki çizgiler ve süreklilikten, fiziksel şartlar ve kimyasal bolluk oranı belirlenebilir.

Model atmosferler, Kurucz (1993) tarafından geliştirilen yerel termodinamik denge (LTE, Local Thermo-Dynamic Equilibrium) varsayımını kullanan ATLAS9 programıyla oluşturulmuştur. SYNTHE yazılımı ile 5025 Å – 6700 Å dalgaboyu aralığında sentetik tayflar elde edilmiştir. ATLAS9 (Kurucz 1993) programında, kimyasal element bolluğu olarak Güneş bolluğu ($[M/H] = 0$) ve mikrotürbülans hızı (ζ) olarak 5 km s^{-1} alınarak sentetik tayflar üretilmiş, bu sentetik tayflar gözlemsel tayflar ile karşılaştırılmış, etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi değiştirilerek gözlenen tayfa en uygun sentetik tayfin üretilmesiyle yoldaş bileşenin model atmosfer parametreleri tahmin edilmiştir. 5025 Å – 6700 Å dalgaboyu aralığındaki 17 farklı échelle dizisinden üretilen yoldaş bileşenin model atmosfer parametreleri SYNTHE yazılımında kullanılmış ve yoldaş bileşen için sentetik tayflar oluşturulmuştur. Bu 17 échelle dizisi dışında kalan dalgaboyu aralıklarında, yoldaş bileşenin tayf çizgilerinin gürültü seviyesinde kalması nedeniyle bu bileşene ait çizgiler belirlenememiştir. Bu nedenle 17 échelle dizisi dışında kalan dalgaboyu aralıkları için sentetik tayflar oluşturulmamıştır. U Sge sistemindeki yoldaş bileşen için, gözlenen tayflara en iyi uyan sentetik tayfların model parametreleri olan etkin sıcaklık T_e , yüzey çekim ivmesi $\log g$ ve dönme hızı $V_2 \sin i$ değerleri belirlenmiştir.

3.3.2. Dikine hızların ve yörünge parametrelerinin belirlenmesi

Gözlemler sonucu elde edilen tayfsal verilerin indirgenmesi ve normalize edilmesinden sonra, dikine hız ölçümü yapmak için sistem tayflarının 53. échelle tayf dizisinde bulunan He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgileri kullanılmıştır. Daha önce de bahsedildiği üzere, bu çizgiler sadece baş bileşenden kaynaklanmaktadır. 53. échelle tayf dizisinde yer alan He I ve Mg II çizgilerine ayrı ayrı gaussian fiti yapılmış, her bir çizginin merkezi dalgaboyları bütün evreler için ölçülmüştür. Daha sonra, dikine hızlar, National Institute of Standards and Technology (NIST) veri tabanından (Kramida vd 2015) alınan He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) laboratuvar dalgaboyları (λ_0) ve gözlenen tayftaki çizgilerin ölçülen dalgaboyları (λ) kullanılarak Denklem 3.2 ile hesaplanmıştır.

$$RV = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \times c \quad (3.2)$$

Burada c ışık hızıdır. Hesaplanan RV değerleri, IRAF programında bulunan RVCOR taskı kullanılarak, gözlemcinin Yer-merkezli hareketinden kaynaklanan etkilerden arındırılarak Güneş merkezine indirgenmiştir. Çizelge 3.2'de baş bileşenin He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgilerinden ölçülmüş dikine hız değerleri yer almaktadır. İlk kolonda birleştirilen her bir tayf grubundaki ilk tayfın gözlem başlangıç zamanı ile son tayfın gözlem bitiş zamanı arasındaki farkın yarısının gün kesrine çevrilip ilk tayfın HJD'sine eklenerek hesaplanan gözlem ortası HJD'leri gösterilmektedir. İkinci kolonda Denklem 3.1'de verilen efemerise göre hesaplanmış evreler, üçüncü ve dördüncü kolonda sırasıyla baş bileşenin He I ve Mg II çizgilerinden okunup Güneş merkezine indirgenmiş km s^{-1} biriminde dikine hızları ve beşinci kolonda aynı evre için elde edilen dikine hızların ortalaması gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Baş bileşenin He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgilerinden ölçülmüş dikine hızları

HJD	Evre	RV ₁ (He I)	RV ₁ (Mg II)	RV _{ort}
2456548.2642981	0.954	61.418	34.460	47.939
2456548.3116437	0.965	73.396	48.419	60.908
2456548.3562706	0.978	84.032	49.658	66.845
2456549.2579866	0.245	-51.499	-64.815	-58.157
2456549.3029145	0.258	-75.764	-64.256	-70.010
2456549.3467659	0.271	-69.154	-63.017	-66.085
2456549.3911498	0.284	-55.144	-60.419	-57.781
2456549.4380682	0.298	-43.136	-60.489	-51.812
2456550.2691052	0.544	40.858	21.979	31.419
2456550.3129219	0.557	46.116	22.539	34.327

Çizelge 3.2'nin devamı

HJD	Evre	RV ₁ (He I)	RV ₁ (Mg II)	RV _{ort}
2456550.3567850	0.570	52.065	29.813	40.939
2456550.4011224	0.583	66.747	40.445	53.596
2456551.3053255	0.850	84.854	64.537	74.695
2456551.3518620	0.864	76.692	62.418	69.555
2456551.3963730	0.877	77.283	62.338	69.810
2456552.2572449	0.132	-16.556	-42.003	-29.279
2456552.3006565	0.145	-43.506	-48.138	-45.822
2456751.5482450	0.082	16.822	-7.268	4.777
2456751.5970796	0.097	16.752	-15.372	0.690
2456752.5487582	0.378	6.817	-21.267	-7.225
2456752.5921410	0.391	6.086	-19.988	-6.951
2456780.4520887	0.632	92.705	68.445	80.575
2456822.3507527	0.026	-18.696	-34.695	-26.695
2456822.4389042	0.052	-8.791	-20.795	-14.793
2456822.5132358	0.074	1.785	-15.599	-6.907
2456823.3625159	0.325	-25.725	-30.998	-28.362
2456823.4568599	0.353	-26.596	-39.231	-32.914
2456823.5122322	0.370	-28.048	-36.664	-32.356
2456824.3508399	0.618	77.297	54.388	65.842
2456848.3151186	0.706	88.326	68.051	78.188
2456848.3621561	0.720	92.252	71.298	81.775
2456848.4419432	0.744	94.075	73.117	83.596
2456848.4694835	0.752	91.982	74.376	83.179
2456848.5169840	0.766	96.569	73.596	85.083
2456848.5641487	0.780	97.801	72.817	85.309
2456852.4003970	0.915	56.441	45.607	51.024
2456852.4477411	0.929	56.321	38.122	47.222
2456852.4948825	0.943	52.175	35.324	43.750
2456852.5431003	0.957	66.156	43.248	54.702
2456853.3840065	0.206	-33.131	-59.164	-46.147
2456853.4314141	0.220	-59.419	-61.293	-60.356
2456853.4786249	0.234	-42.764	-60.074	-51.419
2456853.5264607	0.248	-44.226	-62.202	-53.214
2456874.4133550	0.426	-4.036	-32.161	-18.098
2456875.3692598	0.709	86.168	67.883	77.025

Çizelge 3.2'nin devamı

HJD	Evre	RV ₁ (He I)	RV ₁ (Mg II)	RV _{ort}
2456875.4160990	0.723	96.113	70.441	83.227
2456875.4551318	0.734	98.687	75.687	87.187
2456878.2977305	0.575	53.741	31.510	42.626
2456878.3569998	0.593	57.627	38.065	47.846
2456878.3960324	0.604	60.862	42.631	51.747

He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgilerinden yapılan ölçümlerle elde edilen baş bileşene ait Güneş merkezine indirgenmiş dikine hız değerleri, çember yörünge varsayımı altında, yörünge dönemi sabit tutularak Downhill Simplex metodu (Nelder ve Mead 1965) kullanılarak analiz edilmiştir. Bu yöntem, Güneş Merkezli Jülyen Günleri'ne (HJD) karşı, iki bileşenin ya da tek bir bileşenin (kütle oranı verilen) dikine hızlarını kullanarak çift sistemin tayfsal yörünge parametrelerini çözer.

Dikine hızların ölçülmesinde ve yörünge parametrelerinin belirlenmesinde diğer bir yöntem olarak KOREL programı kullanılmıştır. Bu yöntem fourier analizini kullanmaktadır. Downhill Simplex metodu ile bulunan baş bileşenin parametreleri KOREL programına girdi parametreleri olarak kullanılmıştır.

3.3.3. Işık eğrisi analizi

U Sge sisteminin fiziksel parametrelerini belirlemek ve bileşenlerin evrelere göre toplam ışığa olan katkılarını bulabilmek için ışık eğrisi analizi Wilson - Devinney (WD) programı kullanılarak yapılmıştır (Wilson ve Devinney 1971, Wilson 1994). Wilson ve Devinney ilk kez 1971 yılında, örten çift yıldız sistemlerinin gözlenen ışık eğrilerinden, bileşen yıldızların geometrik ve fiziksel parametrelerini hesaplayan sentetik ışık eğrisi modelini oluşturmuşlardır. WD programında, bileşenlerin biçimleri Roche modeli ile temsil edilmektedir.

U Sge sisteminde, baş bileşenin sentetik tayfını elde etmek için, onun ayrıştırılmış tayfına ihtiyaç vardır. Baş bileşene ait ayrıştırılmış tayfin elde edilmesinde kullanılan KOREL programı (Bkz. Bölüm 3.3.4) için, hangi dalgaboyu aralığı kullanılacaksa o tayf dizisinin gözleendiği evrelerdeki bileşenlerin ışık katkılarını kullanmak gereklidir. Gözlenen evrelere karşılık gelen ışık katkılarını belirleyebilmek için sistemin ışık eğrisi çözümlenmelidir. Bu tezde, sadece tayfsal veriler elde edildiğinden, fotometrik çözüm için gerekli olan ışık eğrileri literatürden, sistemi fotometrik olarak inceleyen McNamara ve Feltz'in (1976) çalışmasından alınmıştır. Alınan veri, 53. échelle tayf dizisi bölgesine en yakın dalgaboyuna sahip Strömgren *b* filtresindeki ($\lambda_{\text{etkin}} = 4670 \text{ Å}$) ışık eğrisidir.

Algol türü örten çift sistem olan U Sge'nin ışık eğrisi çözümünde, yoldaş bileşenin Roche şişimini doldurduğu Algol türü yarı-ayrık çift yıldız sistemleri için kullanılan Mod 5 uygulanmıştır. Bu modun özelliği olarak, sabit tutulan parametreler baş bileşenin etkin sıcaklığı T_1 , yoldaş bileşenin yüzey potansiyeli Ω_2 ve ışınım gücü L_2 değerleri iken serbest bırakılabilen parametreler kütle oranı q , yörünge dönemi P , yörünge eğim açısı i , baş bileşenin yüzey potansiyeli Ω_1 ve yoldaş bileşenin etkin

sıcaklığı T_2 'dir. Ancak bu çalışmada, kütle oranı, q parametresi tayflardan elde edildiği için güvenilirdir. Yani bu parametre analiz boyunca sabit tutulmuştur. İkinci bileşenin yüzey potansiyel değeri sistemin kütle oranına bağlı olarak matematiksel yolla hesaplanır, dolayısıyla Ω_2 sabit tutulup Ω_1 serbest bırakılmıştır. Tam tutulma sırasında ($\varphi = 0.0$ evresinde, birinci bileşenin tamamen ikinci bileşen tarafından örtüldüğü anda) alınan ikinci bileşenin tayfindan model atmosfer parametreleri belirlenerek T_2 bulunmuştur. Bu sebeple ışık eğrisi analizinde yoldaş bileşenin sıcaklığı T_2 sabit tutulmuş ve T_1 serbest bırakılmıştır. Ayrıca yörünge eğim açısı i serbest bırakılmış, yörünge dönemi P ise literatürden alınıp sabit tutulmuştur. Bileşenlerin tayflarının analizi sonucu belirlenen yüzey sıcaklıklarına göre baş bileşen radyatif, yoldaş bileşen ise konvektif atmosfere sahip olmalıdır. Bu sebeple, çekim kararması, g , baş ve yoldaş bileşen için sırasıyla $g_1 = 1$, $g_2 = 0.32$ (Lucy 1967) olarak, yansıtma katsayısı A ise baş ve yoldaş bileşen için sırasıyla $A_1 = 1$, $A_2 = 0.5$ (Rucinski 1969) olarak alınmıştır. Analiz sırasında çekim kararmaları ve yansıtma katsayıları sabit tutulmuştur. Bunların yanında, Strömgen b filtresi için, bileşenlerin logaritmik kenar kararma katsayıları van Hamme'nin (1993) sıcaklık ve çekim ivmelerine göre belirlediği kenar kararma tablolarından ara değer hesabı yapılarak belirlenmiştir.

3.3.4. Tayfın bileşenlerine ayrıştırılması

Bir çift sistemi oluşturan bileşen yıldızlardan birinin ısıtması diğerine göre çok yüksekse bu durumda sistem tayfında ısıtması düşük olan bileşenin tayf çizgilerini belirlemek çok zor olur. U Sge sisteminde de baş bileşenin toplam ışığa katkısı % 96'dır (van Hamme ve Wilson 1986). Bu yüzden yoldaş bileşenin tayf çizgilerini doğrudan görmek mümkün olmamıştır. Gözlenen tayflarda $\varphi = 0.0$ evre dışında sadece parlak olan baş bileşene ait çizgiler görülebilmektedir. Dalgaboyu kalibrasyonu ve süreklilik normalizasyonu yapılan tayfların 53. échelle tayf dizileri, KOREL (Hadrava 1995, 2004) programı kullanılarak bileşenlerine ayrıştırılmıştır. Bu program Fourier analiziyle bileşenleri akı katkıları oranında ayrıştırır ve tayfsal yörünge parametrelerini elde eder. Tayfların gözlenen evrelerindeki bileşenlerin ışık katkıları programa girilerek bileşenlerin gerçek ayrıştırılmış tayfları elde edilebilir. Bileşenlerin elde edilen ayrıştırılmış tayfları her bir bileşene ait atmosfer modellerinin elde edilmesinde kullanılabilir.

3.3.5. Baş bileşen için model atmosfer ve sentetik tayf

Daha önce Bölüm 3.3.1'de yoldaş bileşen için uygulanan model atmosferlerin ve sentetik tayfların oluşturulması yöntemi baş bileşen için de kullanılmıştır. Yoldaş bileşenin tam tutulma evresindeki ($\varphi = 0.0$ evre) gözlem tayflarına bu yöntem uygulanırken, baş bileşen için KOREL programıyla baş bileşenin elde edilen ayrıştırılmış tayfına model atmosfer uygulaması ve sentetik tayf modeli yapılmıştır. Kurucz atmosfer modelinde baş bileşenin etkin sıcaklığı T_e ve yüzey çekim ivmesi $\log g$ için başlangıç değerleri ışık eğrisi çözümünden $T_e = 13500$ ve $\log g_1 = 4$ olarak alınmıştır. Kimyasal element bolluğu olarak Güneş bolluğu ($[M/H] = 0$) ve mikro-türbülans hızı (ζ) olarak 5 km s^{-1} alınarak, ATLAS9 (Kurucz 1993) kodu ile model atmosferler hesaplanıp, SYNTHES yazılımı ile sentetik tayflar oluşturulmuştur.

3.3.6. Çevresel maddenin modellenmesi

Algol türü sistemlerdeki kütle aktarımının, dolayısıyla bileşen(ler) etrafındaki çevresel madde özelliklerinin görünür bölgedeki en belirgin kanıtı H_{α} (6562.8 Å) salmasıdır. Bu salma yapıları, kısa dönemli Algollerde, sistemin toplam akısının yanında çok zayıftır. Bu sistemlerde belirli tayf çizgilerinin değişimleri üzerinde çalışırken, çizgilerdeki yapısal değişimlerin kütle aktarımından farklı bir veya birden fazla fiziksel süreçten kaynaklanabileceği göz ardı edilmemelidir. Bu fiziksel süreçler geç tayf türünden olan yoldaş bileşenin manyetik etkinliği ya da üçüncü bir cismin tayfa katkısı olabilir.

U Sge sisteminde baş bileşenin etrafındaki çevresel maddenin oluşturduğu toplanma yapılarını, gaz akışını ve baş bileşen üzerindeki olası sıcak lekenin parametrelerini belirlemek amacıyla sistemin bileşke tayfları SHELLSPEC kodu ile modellenmiştir. SHELLSPEC, LTE varsayımı altında optik olarak ince ve 3 boyutlu bir harekete sahip olan madde için bakış doğrultusu boyunca, ışınım taşınım denklemini çözer (Budaj ve Richards 2004). Böylece program, yıldız lekelerinin, bileşenler arası gaz akışının, çarpma bölgesinin, yığılma diskinin, yıldızları saran kabuk yapısının fiziksel özelliklerini belirleyebilir ve sentetik bileşke tayflarını üretebilir. Bu program kullanılarak U Sge sistemindeki kütle aktarımı sonucu baş bileşenin üzerinde ve etrafında oluşabilecek ve/veya yoldaş bileşenin soğuk yıldız aktivitesinden kaynaklanabilecek olası etkiler modellenerek Bulgular bölümünde (Bölüm 4) sonuçlar verilmiştir.

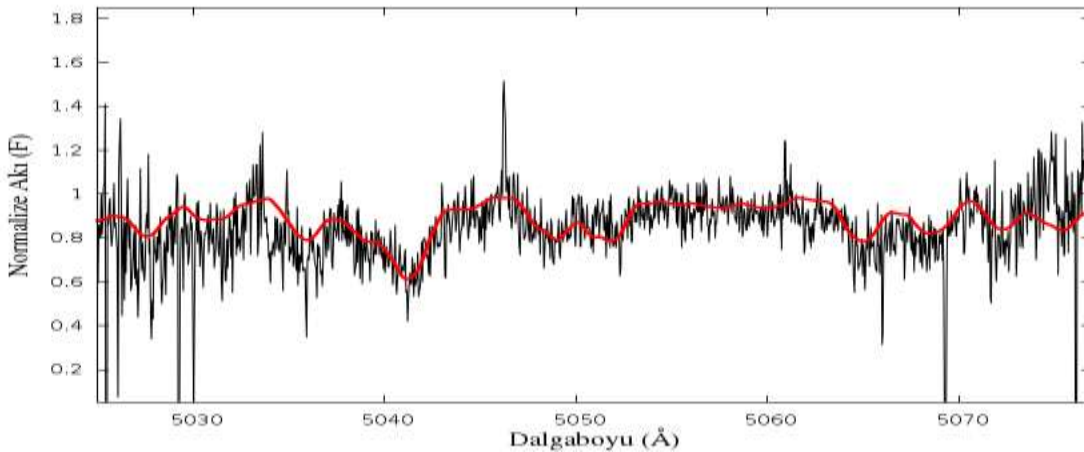
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Yoldaş Bileşenin Model Atmosfer Parametreleri

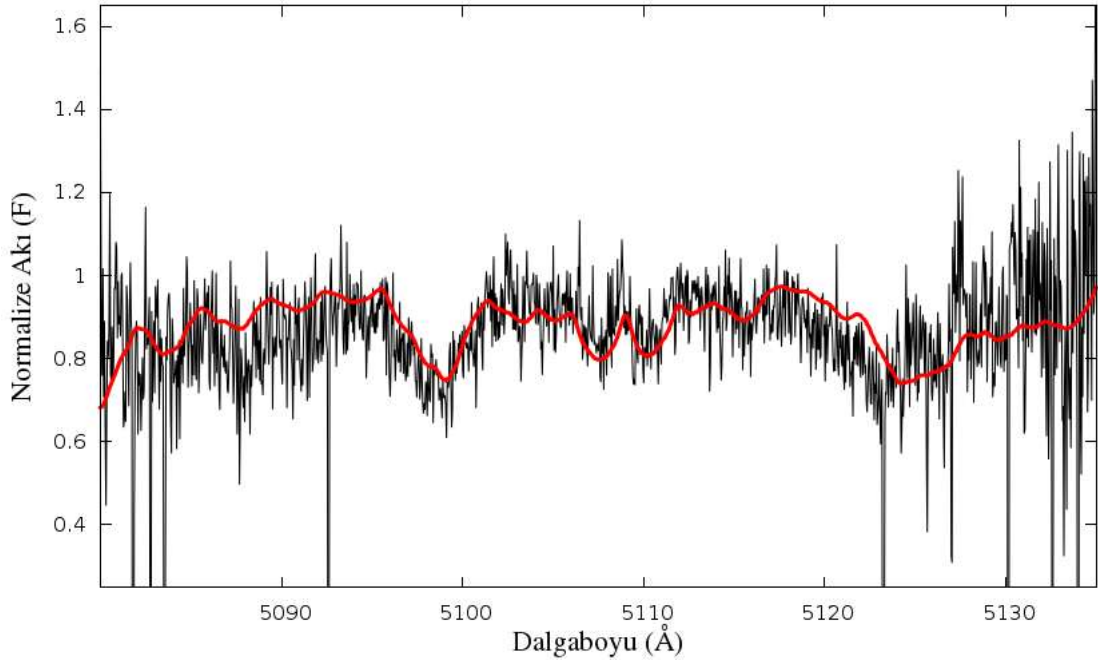
U Sge sistemindeki yoldaş bileşenin, $\phi = 0.0$ evresinde gözlenen tayfı ile, oluşturulan sentetik tayfları arasındaki en iyi uyumdan bulunan model atmosfer parametreleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Şekil 4.1’de ise $\phi = 0.0$ evrede gözlenen yoldaş bileşenin tayfının 17 farklı dalgaboyu bölgesi için üretilen sentetik tayfları ve gözlenen tayfları verilmiştir. Échelle tayf dizilerinde uzun ve kısa dalgaboylarına doğru gürültünün arttığı göze çarpmaktadır. Bunun nedeni CCD’nin kuantum etkinliğinin her bir échelle dizisi için merkezde en yüksek kenarlarda ise daha düşük olmasıdır. Bu nedenle tayfların bu kısımlarında gözlenen tayflar ve üretilen sentetik tayflar uyumsuzluk göstermektedir. Ayrıca bazı échelle dizilerinde, çizgilerdeki uyumsuzluğun nedeni ise normalizasyon hatasından kaynaklanıyor olabilir. Ancak tayf dizilerinin uzun ve kısa dalgaboylarındaki ve normalizasyondan kaynaklanabilecek birkaç çizgideki uyumsuzluk dışında üretilen sentetik tayflar gözlem tayfları ile iyi uyum göstermektedir. Yoldaş bileşen için kullanılan bu yöntem, bileşenin etkin sıcaklığının, yüzey çekim ivmesinin ve dönme hızının doğrudan tahmin edilmesini sağlamıştır. Yoldaş bileşenin geri tayf türünden olması, dolayısıyla tayfında çok sayıda güçlü metal çizgisinin olması, tayftaki sürekliliğin iyi belirlenememesine yol açar. Bu nedenle yoldaş bileşenin tayfı için S/G oranı belirlenememiştir.

Çizelge 4.1. U Sge sistemindeki yoldaş bileşene ait model atmosfer parametreleri

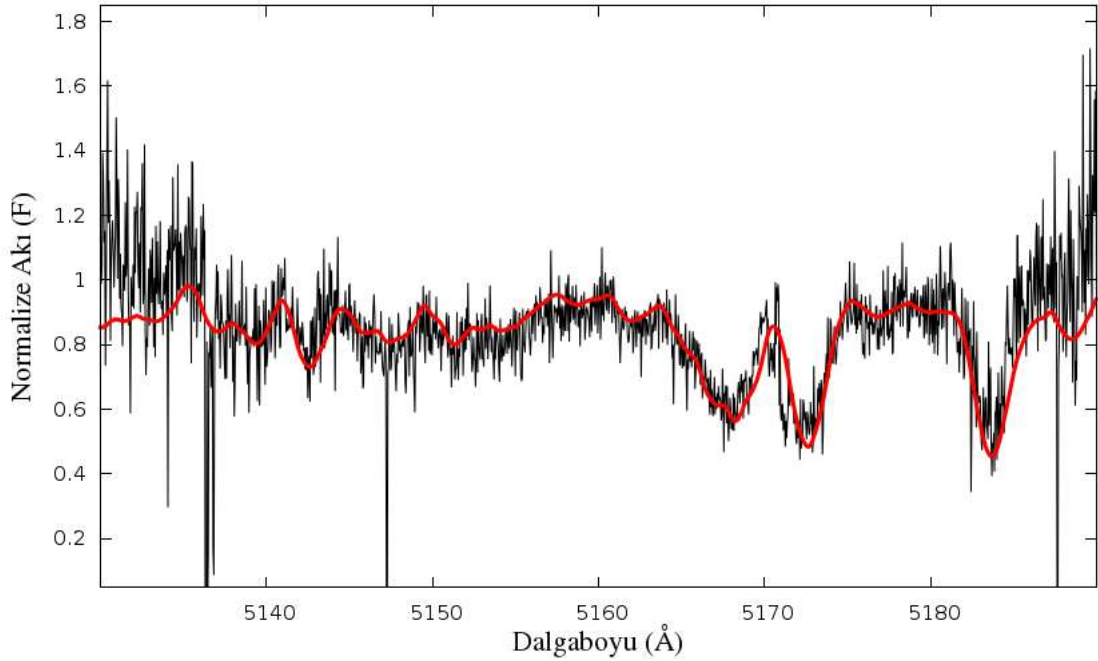
Parametre (Birim)	Sembol	Değer	Hata
Etkin sıcaklık (K)	T_e	5500	± 250
Yüzey çekim ivmesi (cgs)	$\log g$	3.27	± 0.1
Gözlenen dönme hızı (km s^{-1})	$V_2 \sin i$	80	± 5
Mikrotürbülans hızı (km s^{-1})	ζ	5	-
Metal Bolluğu	[M/H]	0.0	-



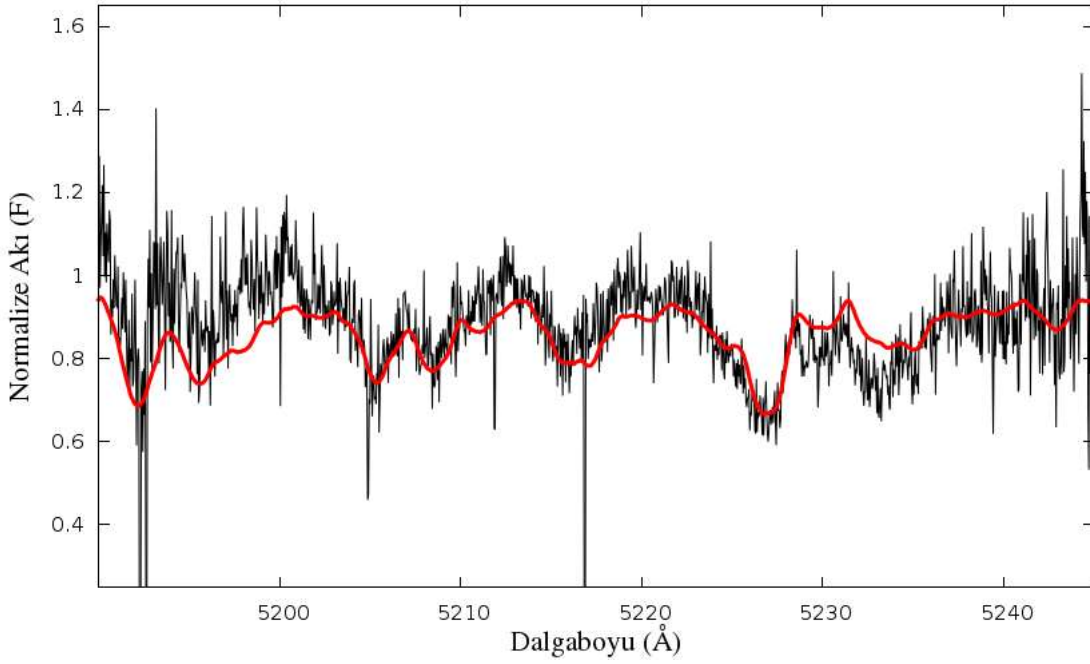
Şekil 4.1. a) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 41. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



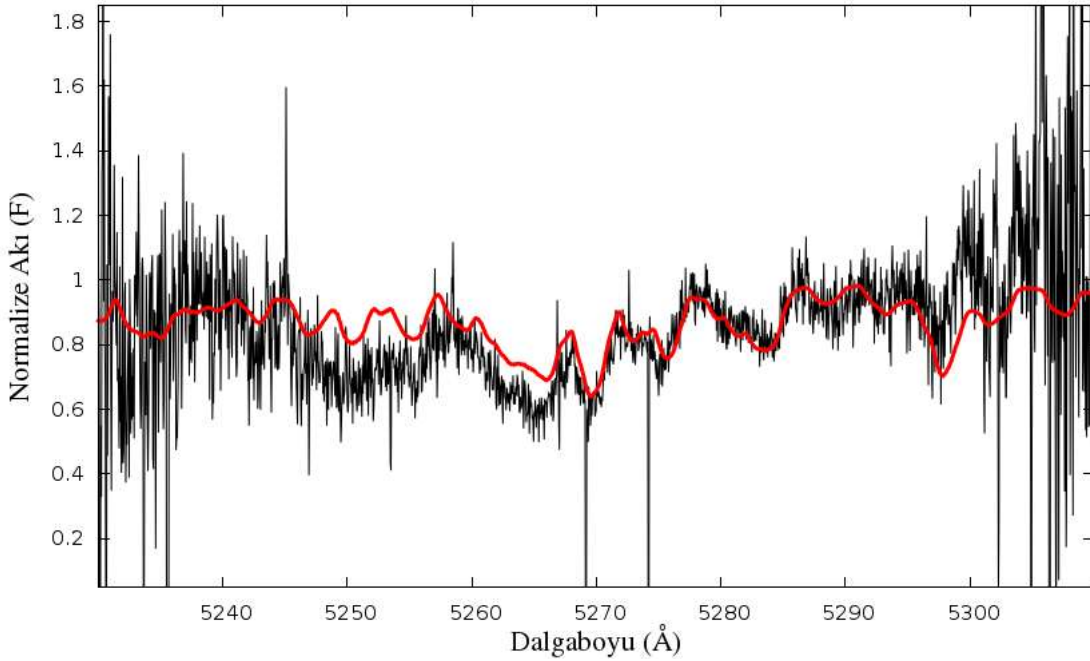
Şekil 4.1. b) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 40. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



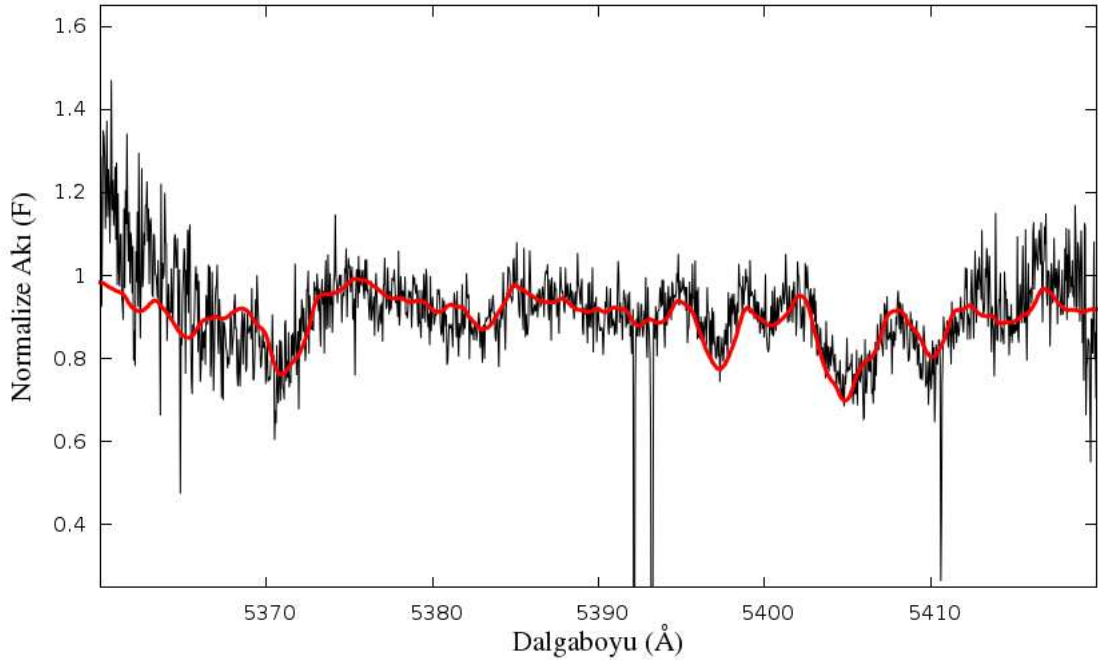
Şekil 4.1. c) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 39. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



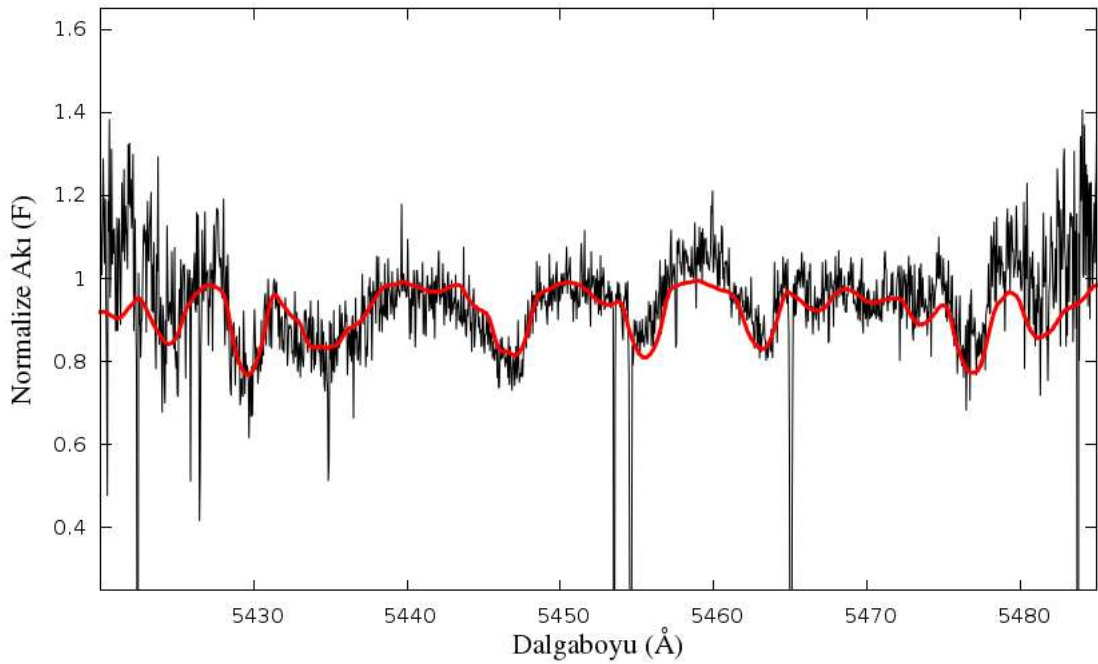
Şekil 4.1. ç) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 38. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



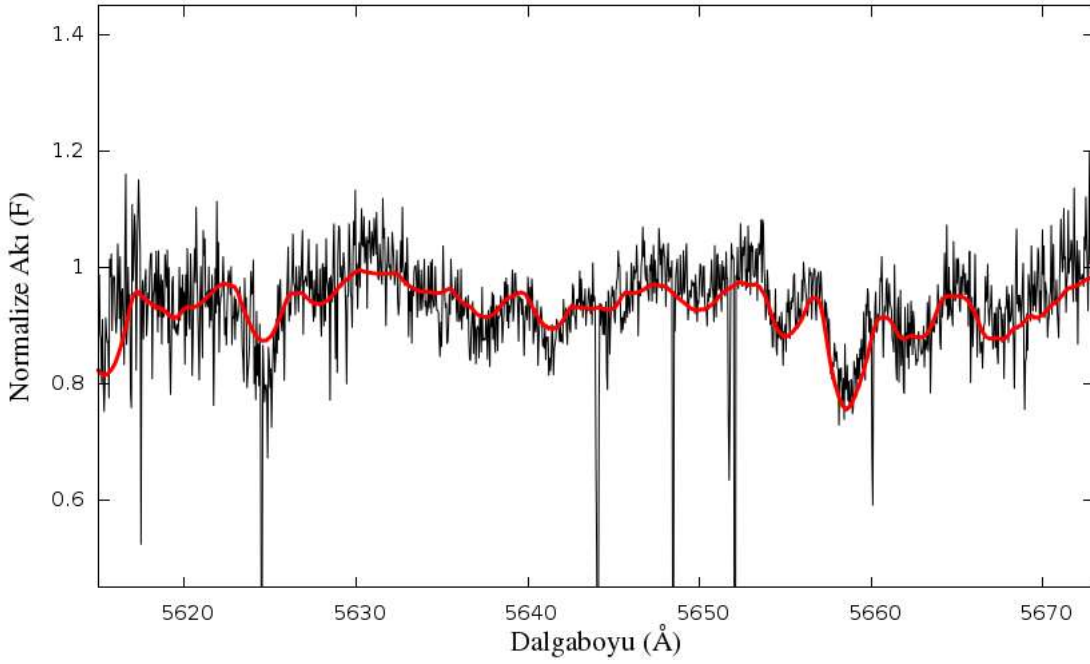
Şekil 4.1. d) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 37. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



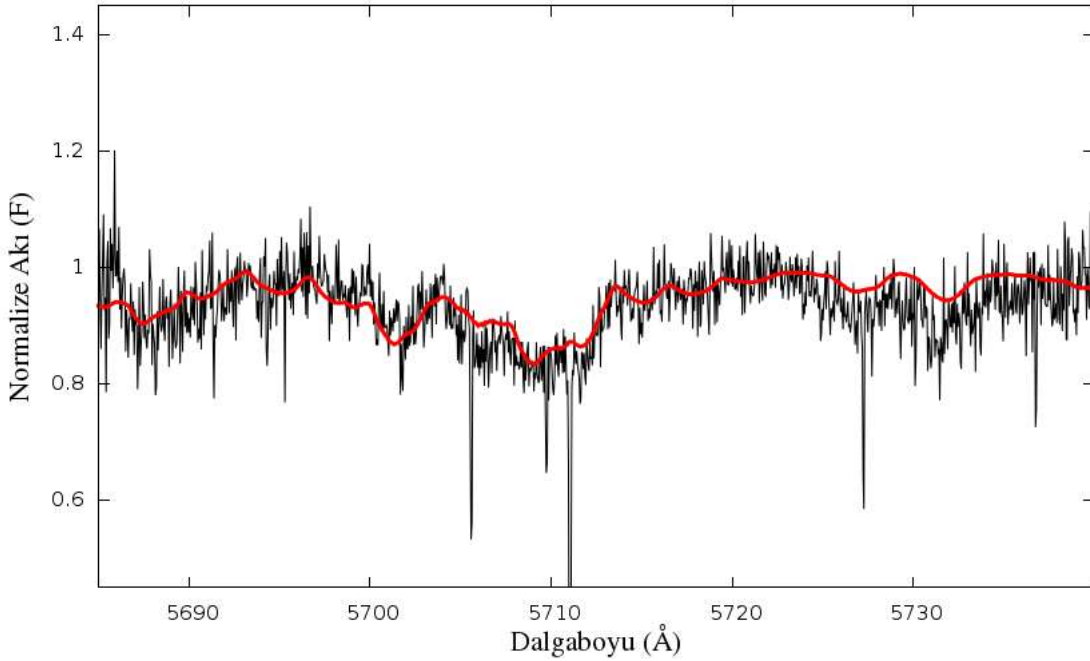
Şekil 4.1. e) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 35. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



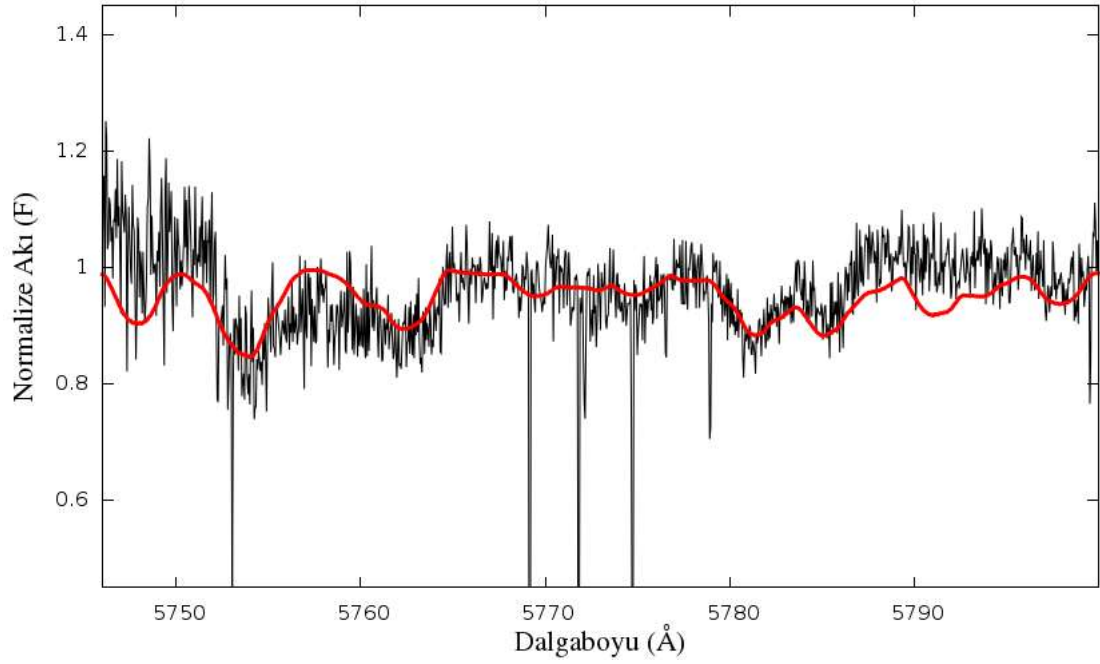
Şekil 4.1. f) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 34. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



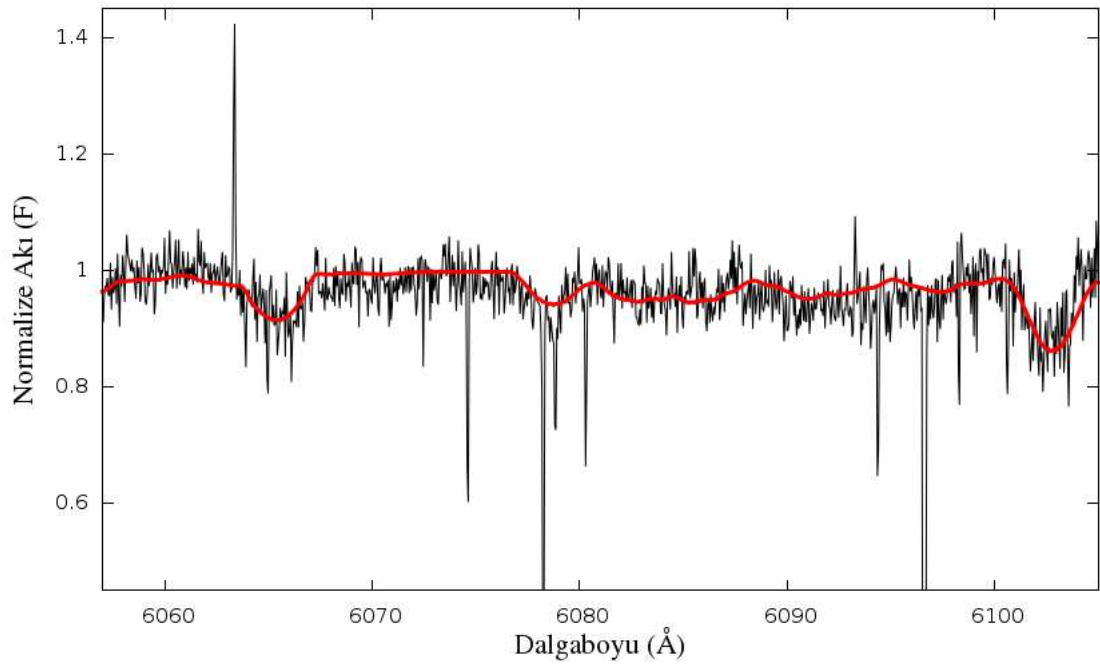
Şekil 4.1. g) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 31. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



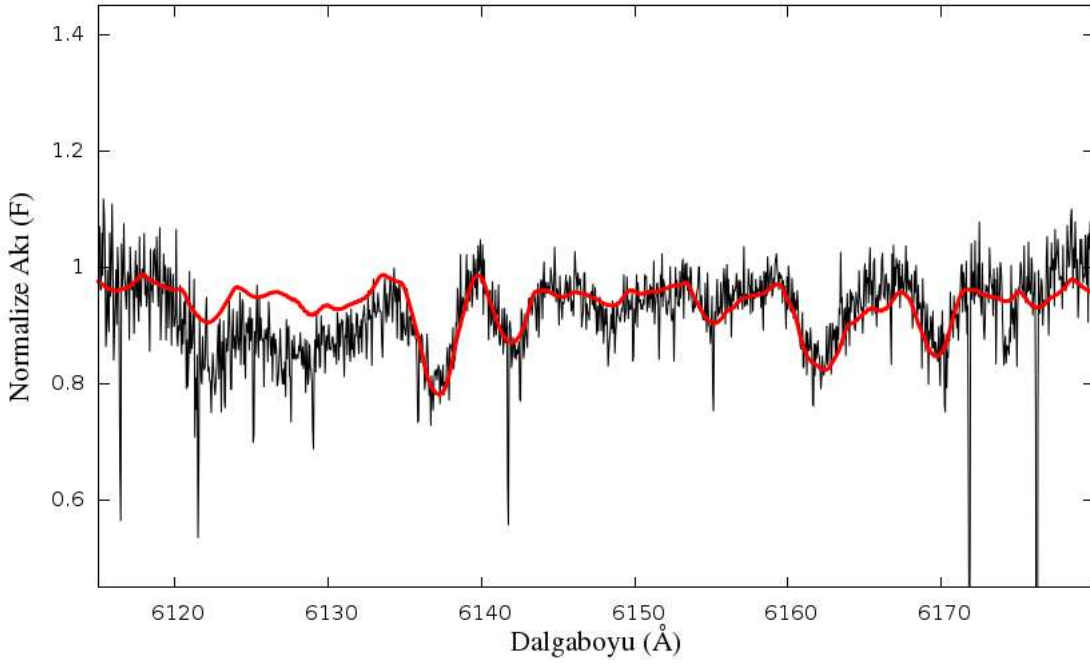
Şekil 4.1. h) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 30. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



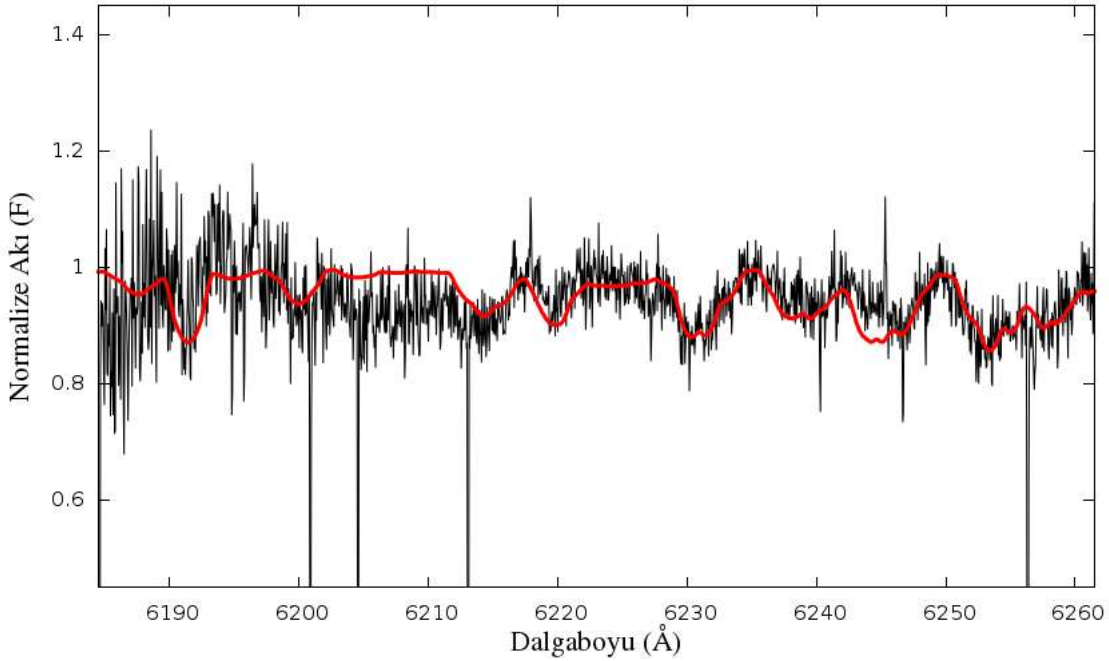
Şekil 4.1. i) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 29. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



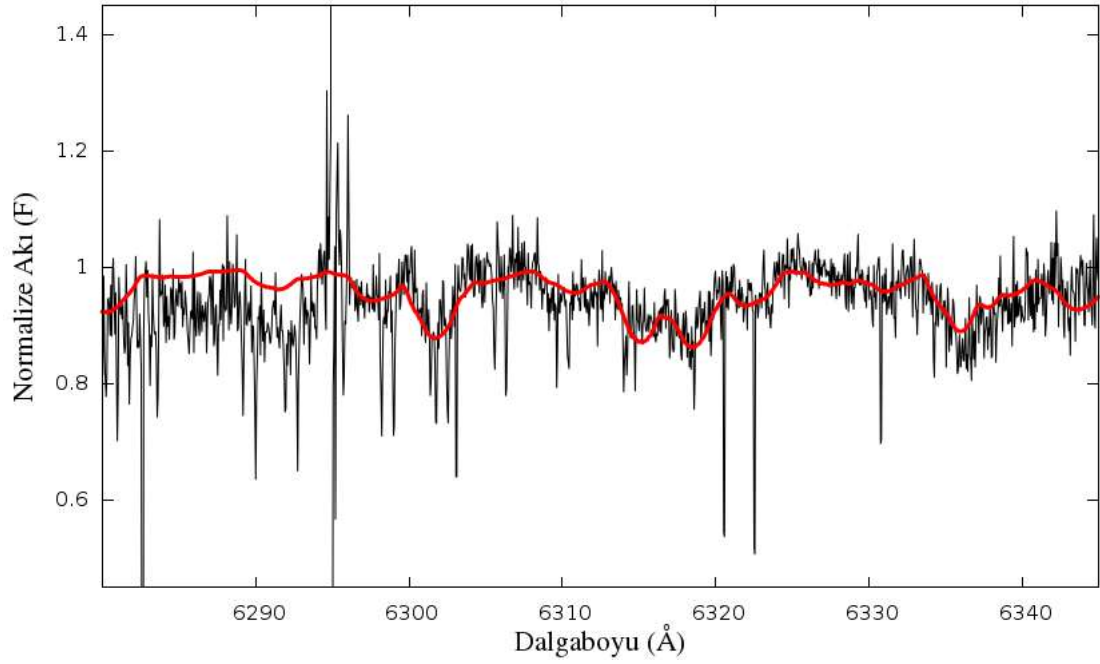
Şekil 4.1. i) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 25. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



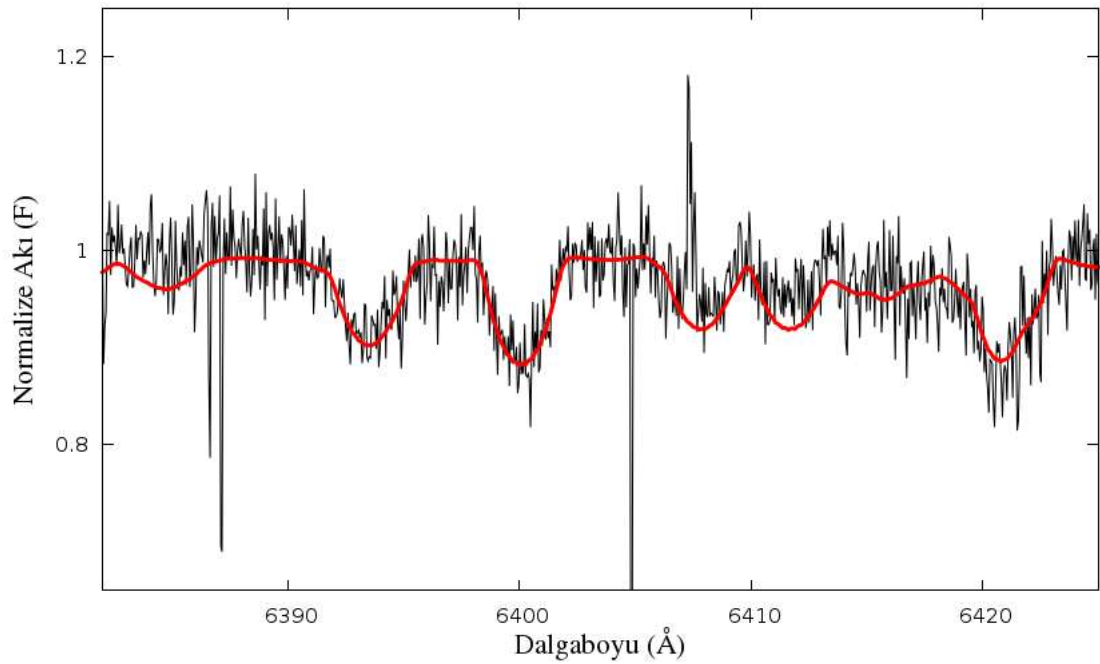
Şekil 4.1. j) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 24. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



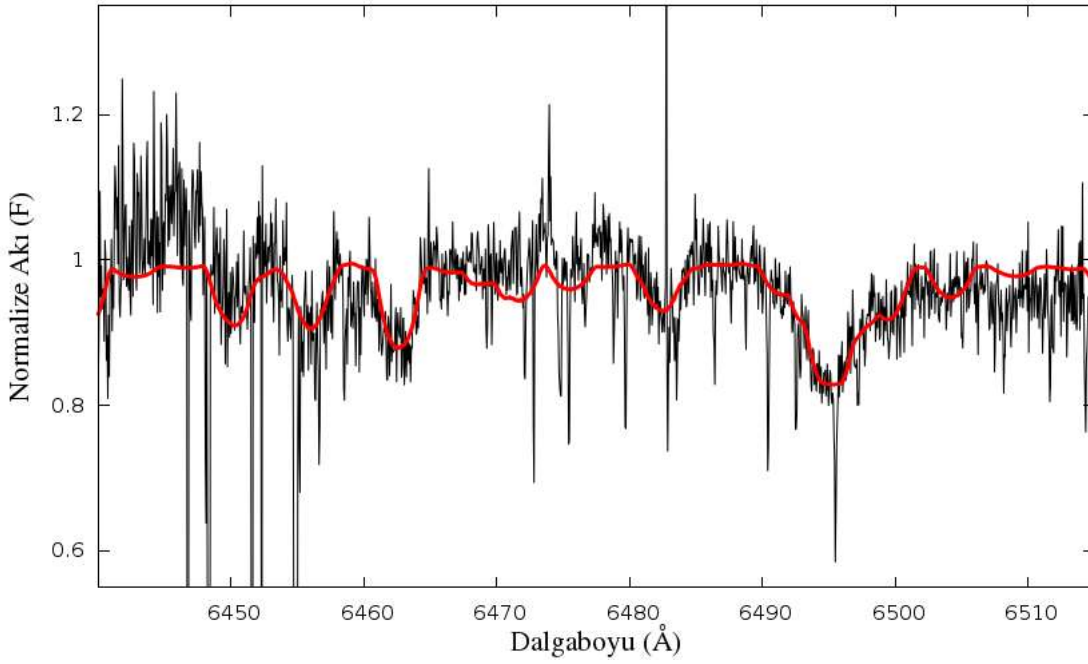
Şekil 4.1. k) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 23. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



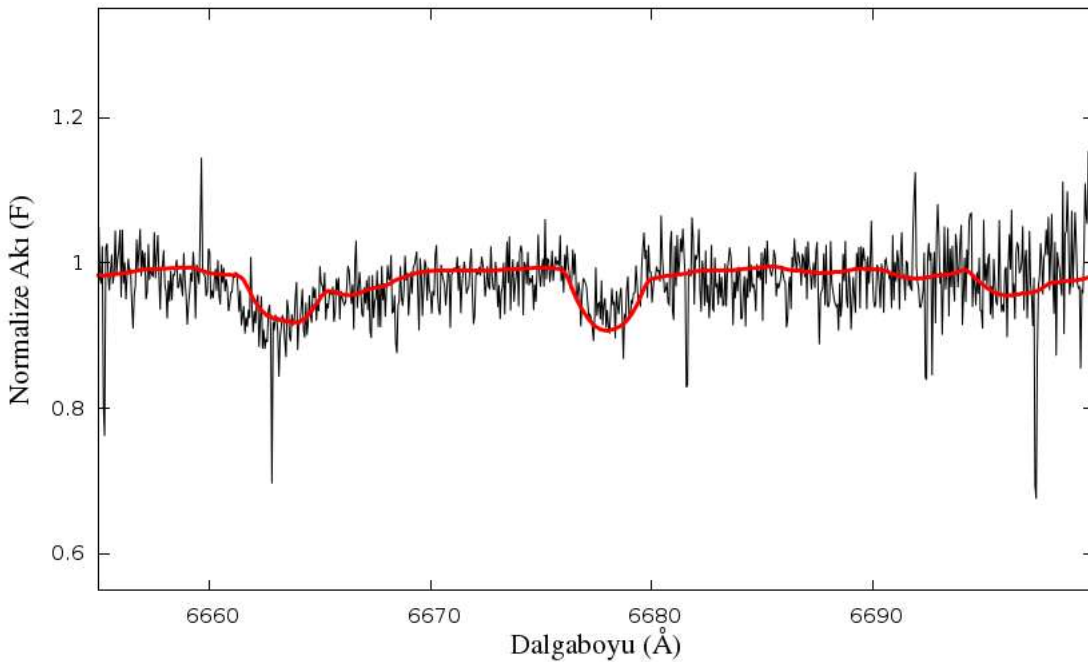
Şekil 4.1. l) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 22. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



Şekil 4.1. m) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 21. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



Şekil 4.1. n) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 20. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)



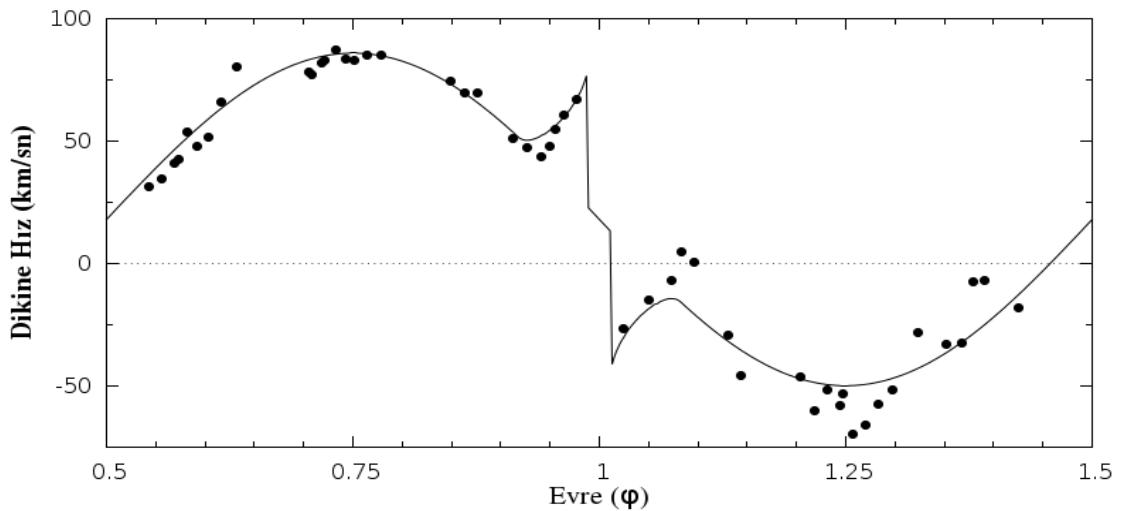
Şekil 4.1. o) Baş bileşenin tamamen örtüldüğü evrede (birinci minimum ortası) 18. échelle dizisi için üretilen sentetik yoldaş bileşen tayfı (kırmızı) ve gözlenen tayf (siyah)

4.2. Sistemin Yörünge ve Işık Eğrisi Model Parametreleri

TUG RTT150 teleskobunun çözünürlüğü $R \sim 40000$ olduğu için, U Sge çift sisteminin alınan tayfları, yüksek çözünürlüklü tayflardır. Yüksek çözünürlüklü ve S/G oranı yüksek tayflardan elde edilen dikine hızlar, daha güvenilir ve daha az hatalıdır. İlk yöntem olarak He I ve Mg II çizgilerinden gaussian fiti ile baş bileşene ait dikine hızlar okunup Downhill Simplex metoduyla baş bileşenin yörünge parametreleri belirlenmiştir. Analiz sırasında yörünge dönemi P sabit tutulmuştur. Sonuçta elde edilen parametreler Çizelge 4.2’de verilmiştir. Şekil 4.2’de He I ve Mg II çizgilerinden elde edilen dikine hız değerlerinin ortalamaları ve bu ortalama değerlere en uygun dikine hız eğrisi görülmektedir. Dikine hız eğrisi, yakınlık ve tutulma etkilerini (Rossiter etkisi) içerdiğinden dolayı sinüsel değildir. Ancak sistem tam tutulma gösterdiği ve baş bileşenin yarıçapı yoldaş bileşenin yarıçapına göre daha küçük olduğu için tam tutulma evresi boyunca ($\phi = 1.0$) Rossiter etkisi görülmeyecektir. Dolayısıyla Şekil 4.2’deki dikine hız eğrisinde tam tutulma evresi boyunca görülen kırılma meydana gelmektedir. Ayrıca baş bileşenin dikine hızlarının ölçüldüğü tayf çizgileri, baş bileşen etrafındaki, yoldaş bileşenden kütle aktarımı sonucu oluşan toplanma yapılarından az ya da çok etkilenmektedir. Bu durum hesaplanan dikine hız verilerinde saçılmaya neden olmaktadır.

Çizelge 4.2. Downhill Simplex metoduyla baş bileşen için elde edilen yörünge parametreleri

Parametre	He I		Mg II		Ortalama	
	Değer	Hata	Değer	Hata	Değer	Hata
K_1 (km s^{-1})	70.8	2.2	65.9	1.9	68.7	2.2
$V\gamma$ (km s^{-1})	27.5	2.1	9.3	1.4	18.3	1.7
$a \sin i$ (km)	3.29×10^6	0.13×10^6	3.07×10^6	0.09×10^6	3.22×10^6	0.14×10^6
$f(m)$ (M_\odot)	0.12	0.02	0.10	0.01	0.11	0.01

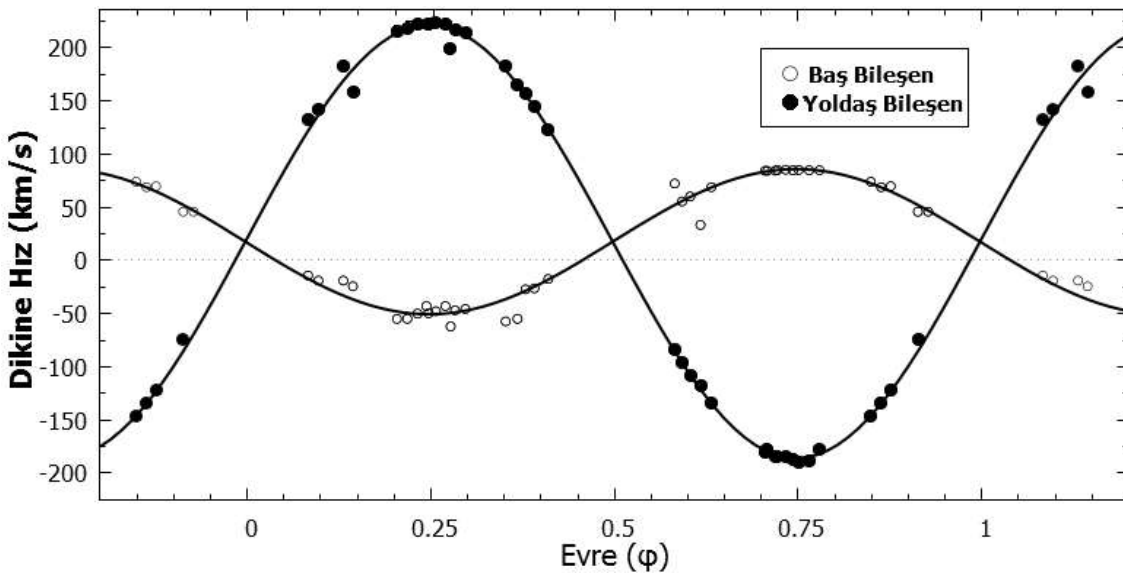


Şekil 4.2. Baş bileşene ait He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgilerinden gaussian fiti yöntemi ile elde edilen dikine hızların ortalama değerleri (nokta) ve bu ortalama değerlere en uygun dikine hız eğrisi (çizgi)

Downhill Simplex metoduyla elde edilen K_1 değerlerinin ortalama değeri alınarak baş bileşenin dikine hız yarıgenliği $K_1 = 68.7 \pm 2.2 \text{ km s}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Baş bileşen için dikine hız yarı genliği K_1 uygun tayf dizilerinden belirlenebilirken yoldaş bileşen için dikine hız yarı genliği K_2 bu yöntem ile belirlenememiştir. Bunun nedeni geç tayf türü olan yoldaş bileşenin sistemdeki ışık katkısının çok düşük olmasından dolayı ($\sim \%6$) elde edilen tayflarda yoldaş bileşene ait çizgilerin doğrudan belirlenememesidir. Yoldaş bileşenin dikine hız yarı genliğinin hesaplanması için farklı bir yöntem olan, fourier analiziyle çözüm yapan KOREL programı kullanılmıştır. Bu programda, K_1 için Downhill Simplex metoduyla hesaplanan değer, K_2 için ise Tomkin (1979) tarafından Na D (5889 Å – 5895.9 Å), Ca II (8542 Å) ve Mg I (8806 Å) çizgilerinden dolayı yollardan ölçülmüş değerlerin ortalaması olan $209 \pm 5 \text{ km s}^{-1}$ değeri başlangıç parametresi olarak kullanılmıştır. Gözlenen tayfların 53. échelle tayf dizisine yapılan KOREL analizi sonucu elde edilen sonuç yörünge parametreleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Şekil 4.3'te ise her iki bileşene ait dikine hız verilerinden elde edilen dikine hız eğrileri gösterilmiştir. KOREL sistemin kütle merkezinin hızını belirlemediği için, Şekil 4.3'te gösterilen KOREL analizi sonucunda elde edilen dikine hızlara, Downhill Simplex metoduyla bulunan kütle merkezi hızı eklenerek ($V_\gamma = 18.3 \text{ km s}^{-1}$) dikine hız eğrileri çizdirilmiştir. Sistemin kütle oranının tayfsal olarak belirlenmiş olması, diğer analiz aşamaları için oldukça önemlidir. Baş ve yoldaş bileşen için dikine hız yarı genlikleri sırasıyla 67.62 km s^{-1} ve 205.09 km s^{-1} alınarak, tayfsal kütle oranı $q = K_1 / K_2 = 0.33$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.3. KOREL programı ile elde edilen sonuç yörünge parametreleri

Parametre (Birim)	Değer
$K_1 (\text{km s}^{-1})$	67.62
$K_2 (\text{km s}^{-1})$	205.09
q	0.33



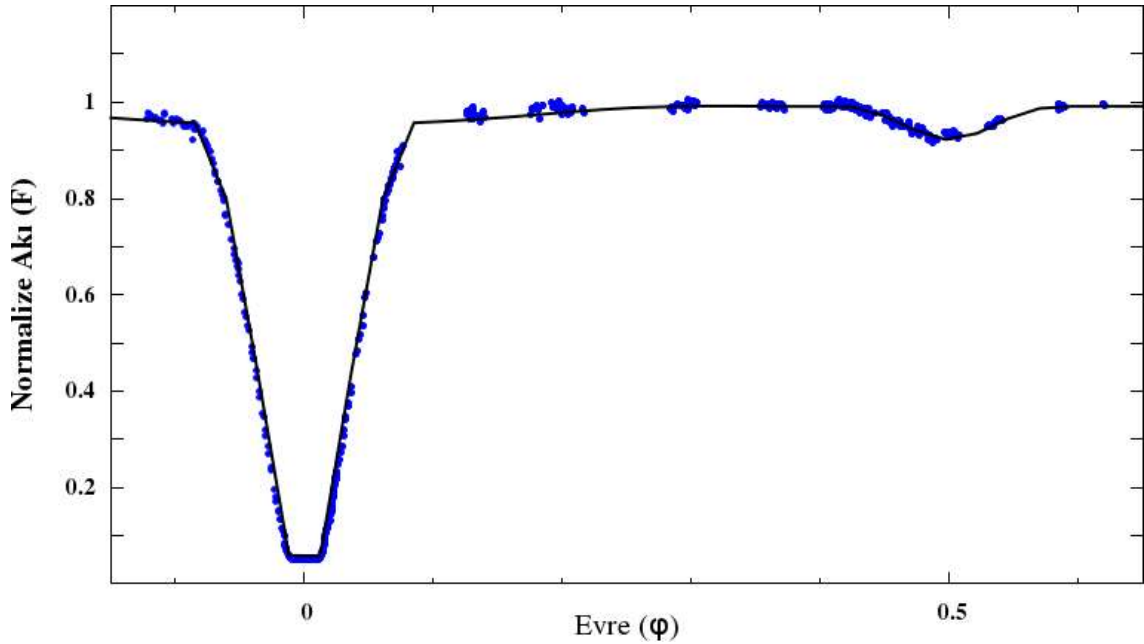
Şekil 4.3. KOREL analizinden sonra U Sge sisteminin dikine hızları. İçi boş daireler baş bileşenin, içi dolu daireler yoldaş bileşenin dikine hızları. Sürekli eğriler, yörünge parametrelerine göre dikine hız eğrileri

Sistemdeki bileşenlerin, 4500 \AA 'daki ışık katkılarını belirlemek için, McNamara ve Feltz (1976) tarafından verilen Strömgren b filtresindeki ışık eğrisi WD programı ile analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucu elde edilen ışık eğrisi çözüm parametreleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. Şekil 4.4'te ise sistemin Strömgren b bandındaki gözlemsel ışık eğrisi ve elde edilen teorik model verilmiştir.

Çizelge 4.4. U Sge sisteminin Strömgren b bandındaki ışık eğrisinin çözümünden elde edilen model parametreleri

Parametre (Birim)	Baş Bileşen	Yoldaş Bileşen
P (gün)		3.380636*
T_o (gün)		2452501.81*
i ($^\circ$)		89.2 ± 0.4
e		0.0*
a (R_\odot)		18.3*
q		0.33*
$T_{1,2}$ (K)	13520 ± 85	5500*
$M_{1,2}$ (M_\odot)	5.43	1.79
$\Omega_{1,2}$	5.13 ± 0.02	2.532*
$A_{1,2}$	1*	0.5*
$g_{1,2}$	1*	0.32*
$R_{1,2}$ (R_\odot)	3.83	5.26
$\log g_{1,2}$ (cgs)	4.01	3.25
$L_{b1,2} / L_{\text{toplam}}$	0.94 ± 0.01	0.06 ± 0.01

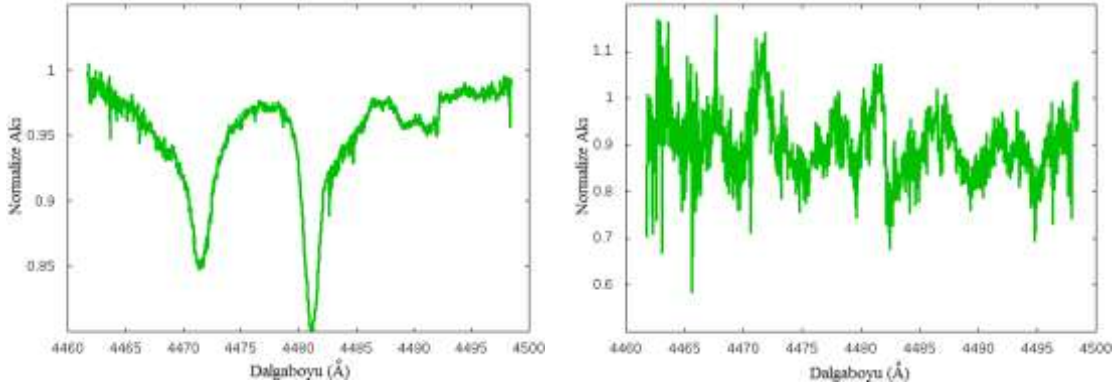
* Işık eğrisi analiz sırasında sabit tutulan parametreler.



Şekil 4.4. U Sge sisteminin Strömgren b bandındaki gözlemsel noktaları ve teorik ışık eğrisi

4.3. Baş Bileşenin Ayrıştırılmış Tayfı ve Model Atmosfer Parametreleri

Bileşenlerin ışık katkıları göz önüne alınarak 53. échelle tayf dizisine yapılan KOREL analizi sonucu bileşenlerin ayrıştırılmış tayfları elde edilmiştir. Şekil 4.5'te baş ve yoldaş bileşenin ayrıştırılmış tayfı verilmiştir. Ön tayf türünden olan baş bileşen nör Helyum ve bir kez iyonlaşmış Magnezyum çizgilerine sahipken, geç tayf türünden olan soğuk yoldaş bileşen bu çizgilere sahip değildir.

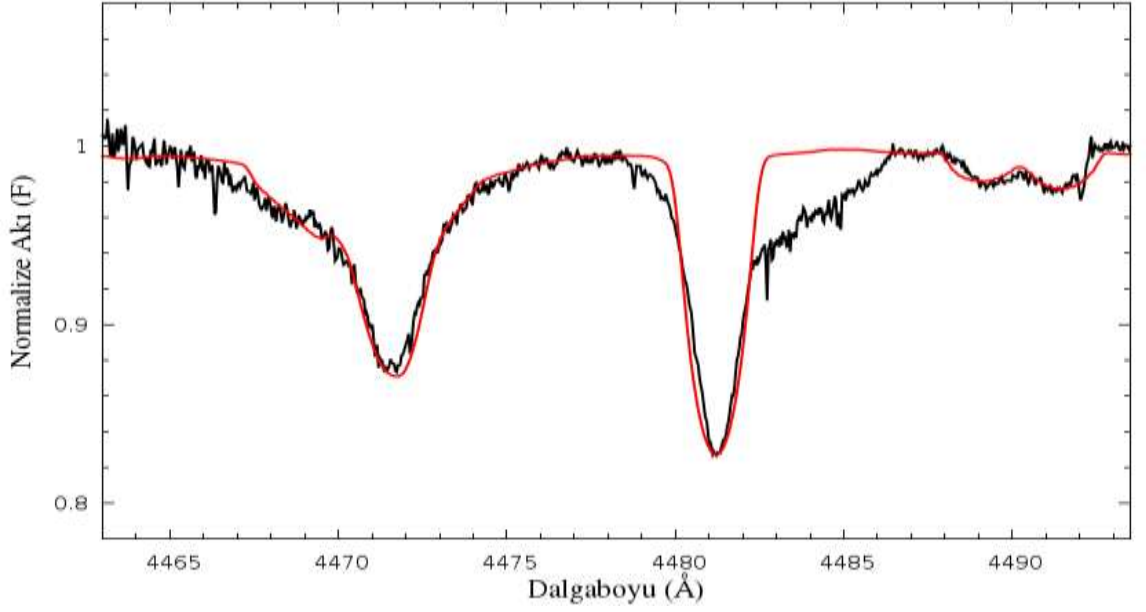


Şekil 4.5. U Sge sistemindeki baş bileşenin (sol) ve yoldaş bileşenin (sağ) ayrıştırılmış tayfları

U Sge sistemi tam tutulma gösteren bir sistem olduğundan yoldaş bileşenin tayf çizgilerine doğrudan bu evrelerde model yapılabilmiş ve bileşenin model atmosfer parametreleri elde edilerek sentetik tayf oluşturulmuştur. Baş bileşenin atmosfer modelinin ve sentetik tayfının oluşturulmasında ise, bu bileşene ait ayrıştırılmış tayfındaki He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgileri kullanılmıştır. Gözlem tayfı ile oluşturulan sentetik tayf arasındaki en iyi uyumdan bulunan baş bileşene ait model atmosfer parametreleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Şekil 4.6'da ise He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgilerine yapılan sentetik tayf modeli gösterilmektedir. Mg II çizgisinde görülen uyumsuzluğun nedeni bu çizgiye üçüncü bir cismin ışık katkısı olabilir. Benzer bir duruma örnek olarak Bakış vd'nin (2007) araştırması gösterilebilir. Bakış vd (2007), inceledikleri η Mus sisteminin tayfında Mg II (4481.33 Å) çizgisinin kısa ve uzun dalgaboyu taraflarındaki normalize akının süreklilik seviyesinin altında kaldığını belirlemişler ve bu ilave soğurma yapısına hızlı dönen üçüncü bir yıldızın varlığının neden olabileceğine dikkat çekmişlerdir.

Çizelge 4.5. U Sge sistemindeki baş bileşene ait model atmosfer parametreleri

Parametre (Birim)	Sembol	Değer	Hata
Etkin sıcaklık (K)	T_e	12250	± 250
Yüzey çekim ivmesi (cgs)	$\log g$	4.0	± 0.1
Gözlenen dönme hızı (km s^{-1})	$V_1 \sin i$	70	± 5
Mikrotürbülans hızı (km s^{-1})	ζ	5	-
Metal Bolluğu	[M/H]	0.0	-



Şekil 4.6. U Sge sisteminin baş bileşenine ait ayrıştırılmış tayfının (siyah) He I (4471.48 Å) ve Mg II (4481.33 Å) çizgilerine yapılan sentetik tayf modeli (kırmızı)

4.4. Sistemin Mutlak Parametreleri

U Sge sistemindeki bileşenlerin mutlak parametreleri, tayfsal ve fotometrik verilerin birlikte analiz edilmesiyle elde edilmiştir. Sistemdeki bileşenlerin tayf türleri model atmosfer çözümleriyle bulunan etkin sıcaklıklar yoluyla belirlenmiştir. Straizys ve Kuriliene (1981) çalışmasında, teorik yıldız model parametreleri ile bileşenlerin etkin sıcaklıkları karşılaştırıldığında bileşenlerin tayf türleri belirlenmiştir. Çizelge 4.6'da U Sge sistemi için elde edilen mutlak parametreler verilmiştir.

Çizelge 4.6. U Sge çift sistemi için elde edilen mutlak parametreler

Parametre (Birim)	Sembol	Baş Bileşen	Yoldaş Bileşen
Tayf türü	Sp	B7-B8 V	G2 III
Kütle (M_{\odot})	$M_{1,2}$	5.70 ± 0.45	1.91 ± 0.31
Yarıçap (R_{\odot})	$R_{1,2}$	3.87 ± 0.09	5.35 ± 0.12
Yarıbüyük Eksen Uzunluğu (R_{\odot})	a	18.3 ± 0.5	
Yörünge Dönemi (gün)	P	3.381 ± 0.001	
Yörünge Eğimi ($^{\circ}$)	i	89 ± 1	
Kütle Oranı	q	0.33 ± 0.01	
Yüzey Çekim İvmesi (cgs)	$\log g_{1,2}$	4.00 ± 0.06	3.25 ± 0.09

Çizelge 4.6'nın devamı

Parametre (Birim)	Sembol	Baş Bileşen	Yoldaş Bileşen
Sıcaklık (K)	$T_{1,2}$	12250 ± 50	5500 ± 50
Hız Yarıgenlikleri (km s^{-1})	$K_{1,2}$	67.6 ± 2.2	205 ± 4
Dönme Hızı (km s^{-1})	$V_{\text{rot}1,2}$	70 ± 5	80 ± 5
Senkronize dönme hızı (km s^{-1})	$V_{\text{senk}1,2}$	58.3 ± 1.5	80 ± 2
Uzaklık (pc)	d	240 ± 30	

4.5. Çevresel Madde Modeli

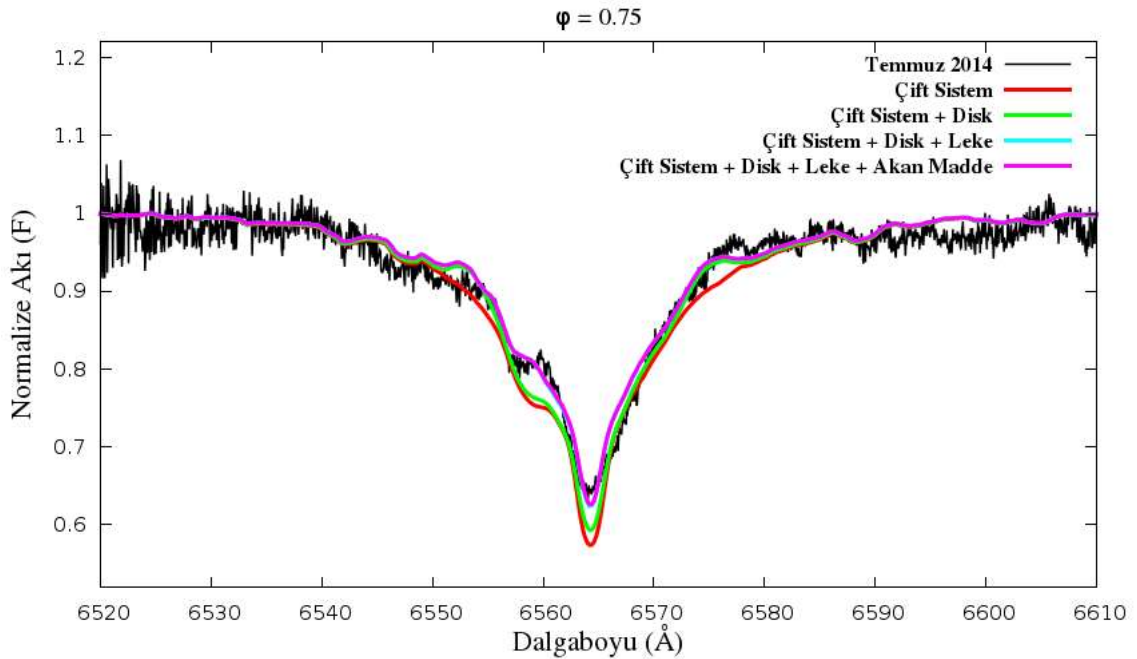
Çevresel maddenin varlığı, gözlenen tayflardaki H_{α} çizgilerindeki salma ve soğurma yapılarından belirlenebilir (Albright ve Richards 1993). U Sge sisteminin H_{α} tayflarına uygulanan çevresel madde modellemesi ile bu maddenin baş bileşen üzerine çarptığı bölgenin fiziksel parametreleri, baş bileşen etrafında nasıl bir dağılım göstereceği ve soğuk yoldaş bileşenin aktivitesinin katkısı belirlenmiştir. Modelleme SHELLSPEC (Budaj ve Richards, 2004) kodu kullanılarak yapılmıştır. Işık ve dikine hız eğrilerinin ortak çözümünden elde edilen bileşenlerin mutlak parametreleri ve üretilen sentetik tayflar SHELLSPEC kodunun girdi verileri olarak kullanılmıştır. Kısa dönemli Algollere ait geçici toplanma disklerinin genel özelliği, sadece birkaç yörünge döneminde bile değişken olmalarıdır. Bu nedenle, diske ait sıcaklık, yoğunluk, diskin iç - dış yarıçapı gibi parametreler diskin değişimiyle beraber değişim göstermektedir. Toplanma diskine ilişkin serbest parametreler, diskin kalınlığı, iç ve dış yarıçapı, sıcaklığı ve yoğunluğudur. Çizelge 4.7'de SHELLSPEC kodu için girdi parametreleri verilmiştir.

Çizelge 4.7. SHELLSPEC kodu için girdi parametreleri

Parametre	Birim	Değer
i	$^{\circ}$	89
a	R_{\odot}	18.3
M_1	M_{\odot}	5.70
q	-	0.33
R_1	R_{\odot}	3.87
T_1	K	12250
T_2	K	5500
$V_{\text{rot}1}$	km s^{-1}	70
$V_{\text{rot}2}$	km s^{-1}	80
K_1	km s^{-1}	68
K_2	km s^{-1}	206
$\log g_1$	cgs	4.00
$\log g_2$	cgs	3.25

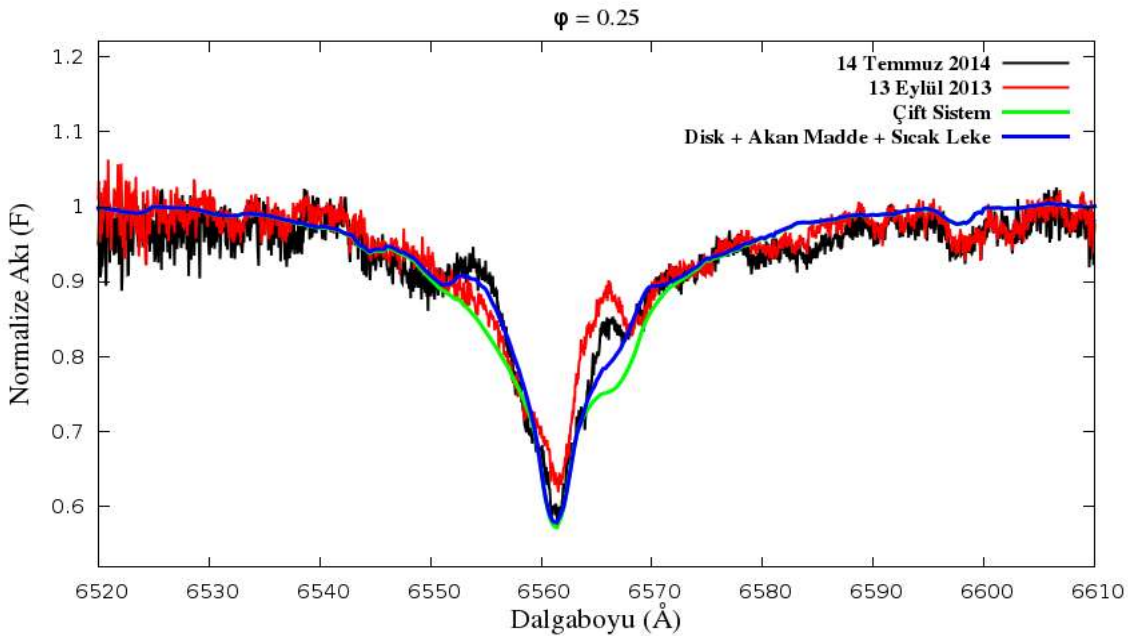
Richards ve Albright (1994), U Sge sistemi de dahil olmak üzere, kısa dönemli Algol türü 9 adet sistemi incelemiştir. Bu sistemlerin, tüm yörünge evrelerini kapsayacak şekilde alınmış tayflarının analizinden, her bir sistemin fark kesitlerinin herhangi bir evre için zamana bağlılığını ortaya koymuşlardır. Bu sonuç, sistemlerdeki çevresel maddenin değişkenliğine işaret etmektedir. Dolayısı ile, U Sge sistemi de bu açıdan değişken toplanma yapıları sistemler içinde olmalıdır. Richards ve Albright (1999), U Sge sisteminin 1993 yılında elde edilen tayflarının kromosferik aktivite, disk, akan madde, disk - madde etkileşme bölgesi, akan madde - yıldız etkileşme bölgesi, ek soğurma bölgesi, ekvatoryal toplanma gibi birçok etkiyi birlikte içerdiğini belirtmişlerdir. Yine aynı araştırmada sistemin 1994 yılında elde edilen tayflarında ise bu etkilerden disk ve akan maddenin yıldıza çarpması sonucu oluşan bölgenin etkisinin görülmediğini belirtmişlerdir.

U Sge sisteminin 2013 - 2014 yıllarında elde ettiğimiz tayfları, bu değişkenliği belirleme ve değişken yapının modellenmesi nedeniyle önemli olmaktadır. Şekil 4.7'de 9 Temmuz 2014'te U Sge sisteminin $\phi = 0.75$ evrede alınan tayfı ve üretilen sentetik modelleri gösterilmektedir. Farklı etkilerin tayfta nasıl değişimlere neden olduğunu göstermek amacıyla etkiler tek tek eklenerek modeller çizdirilmiştir. Şekil 4.7'de "çift sistem" olarak ifade edilen (kırmızı) durum, sadece baş ve yoldaş bileşenin ışık katkıları göz önüne alınarak üretilen sentetik tayfı göstermektedir. En iyi modelin disk, akan maddenin yıldıza çarpmasıyla oluşan sıcak bölge (leke) ve/veya akan madde modeli ile sağlandığı görülmektedir.



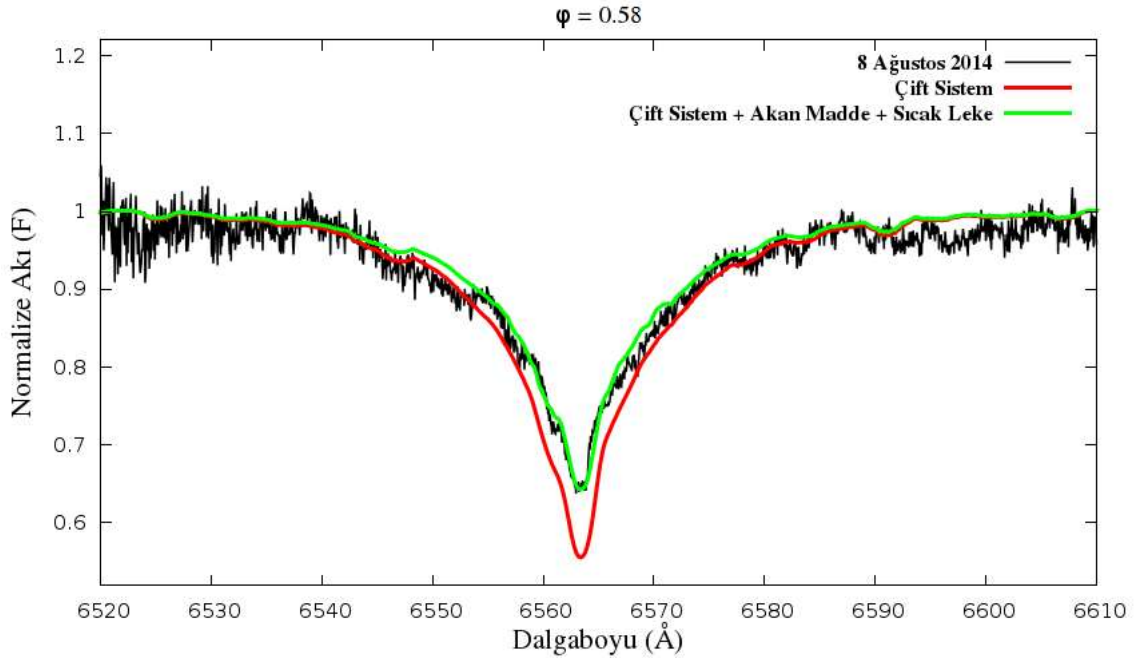
Şekil 4.7. U Sge sisteminin 9 Temmuz 2014 tarihinde $\phi = 0.75$ evrede alınan tayfı ve farklı etkiler eklenerek yapılan modelleri

Şekil 4.8’de U Sge sisteminin 13 Eylül 2013 ile 14 Temmuz 2014 tarihlerinde $\phi = 0.25$ evrede alınan tayfları ve bu tayflara SHELLSPEC programı ile üretilen modeli gösterilmektedir. Bu iki gözlem tarihi arasında 90 çevrimlik bir zaman farkı bulunmaktadır ve bu evredeki model disk, akan madde ile akan maddenin baş bileşene çarptığı yerde oluşan sıcak bölge (leke) varsayımıyla oluşturulmuştur. Gözlenen tayfların çizgi kanatlarının ve derinliklerinin uyuşmadığı görülmektedir. Eylül tayfında, çizginin kısa dalgaboyu tarafındaki düşme, bu dönemde U Sge sistemindeki diskte H_{α} emisyonunun azaldığını göstermektedir. Hem Eylül hem de Temmuz 2014 tayflarında, çizginin uzun dalgaboyu tarafındaki uyumsuzluk, soğuk olan yoldaş bileşenin etkinliğinden kaynaklanmaktadır. SHELLSPEC kodu ile modelleme yapılırken yalnızca bir bileşenin üstündeki ve/veya etrafındaki etkiler göz önüne alınabilmektedir. Yoldaş bileşenin etkisi, aynı anda modele dâhil edilemediğinden dolayı her iki tayf için de modellenememiştir. Modelin Temmuz 2014 tayfı ile daha uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 4.8. U Sge sisteminin farklı zamanlarda aynı evrede alınmış H_{α} tayflarında çevresel maddenin değişkenlik göstermesi

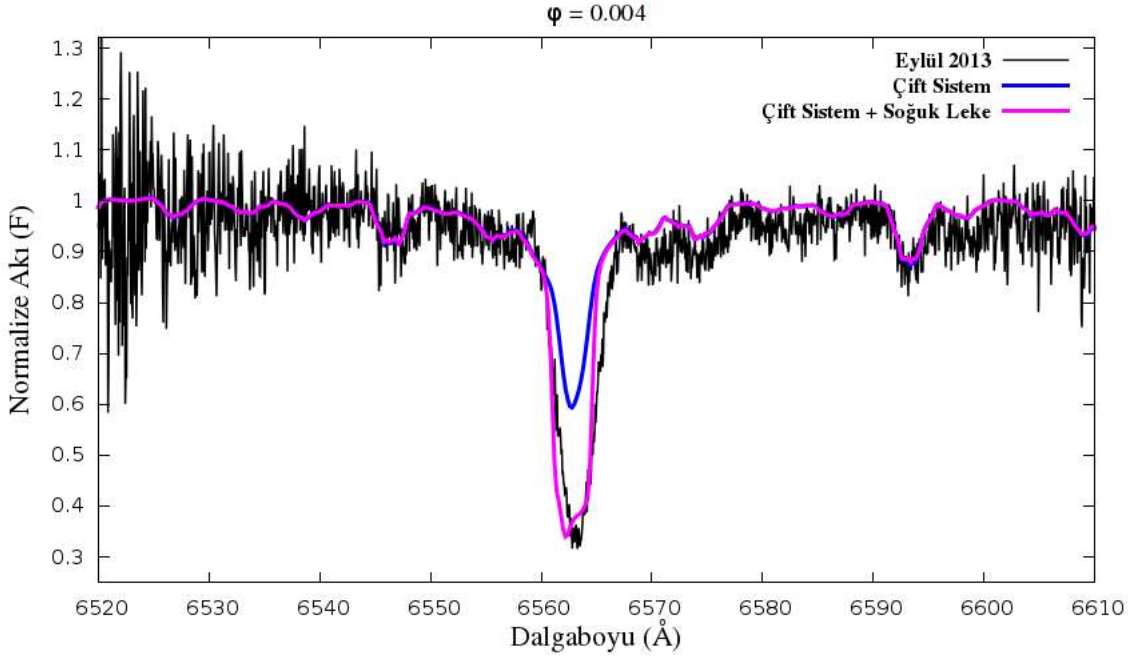
Şekil 4.9’da ise 8 Ağustos 2014’te $\phi = 0.58$ evrede alınan tayflar için üretilen modeller gösterilmektedir. Bu modelde akan madde ve sıcak leke değişmezken diskin yoğunluğu daha fazla olmaktadır. Sistemde aynı çevrimde alınan tayflarda dahi diskin yoğunluğu veya sıcaklığı değişmektedir, homojen dağılımlı bir disk bulunmamaktadır. Yani, U Sge sisteminin gözlenen tüm tayfları tek bir model ile temsil edilememiş, her çevrimde diskin değişken yapısı nedeniyle yeni modeller üretilmiştir. Bu nedenle U Sge gibi sistemler hakkında incelenme yapılırken, her çevrimin kendi içinde modellenebilmesi için, bu sistemlere ait tayfların bir yörünge çevriminde tüm yörünge evresine düzgün (eşit aralıklarla) dağılmış şekilde ve çok sayıda alınmış olması önemlidir.



Şekil 4.9. U Sge sisteminin $\phi = 0.58$ evrede alınmış H_{α} tayfı ve yapılan model

Modelleme yapılırken, sadece yoldaş bileşenin bakış doğrultusunda olduğu $\phi = 0.0$ evreye giriş ve çıkış boyunca bu bileşene ait H_{α} soğurma şiddetinin beklenenden fazla olması dikkat çekmiştir. Bu yapılan modellerde, $\phi = 0.850$ evrede başlayan bu ek soğurmanın şiddeti birinci tutulmanın ortasına kadar bir artış göstermektedir (Şekil 4.11.a,b,c,ç,d,e,f,g ve Şekil 4.12.m,n,o,ö,p,r,s,ş,t,u,ü). Tutulma ortasından sonra ek soğurmanın şiddetinde düşüş görülmekte ve $\phi = 0.206$ evrede ek soğurma yapısı tamamen yok olmaktadır. Salma ve soğurma yapılarının evreye göre konumlarındaki ve şiddetlerindeki değişimler çevresel maddenin nasıl bir dağılım gösterdiği hakkında bize detaylı bilgi sunmaktadır. Şekil 4.10'da $\phi = 0.004$ evrede alınmış tayf üzerinde sadece bileşenlerin ışık katkılarıyla oluşturulan model ve bu modele ek olarak yoldaş bileşen etrafındaki aktivitenin (soğuk leke) etkisini içeren model gösterilmektedir. Ek soğurma yapısının gözleendiği evre aralığı, bakış doğrultusundaki yoldaş bileşenin önünde başka bir çevresel maddenin varlığını göstermektedir. Benzer bir yapı Albright ve Richards (1993) tarafından TX UMa sistemi için yapılan araştırmada görülmüştür. Albright ve Richards TX UMa'nın gözlenen tayflarında $\phi = 0.775$ evreden sonra ortaya çıkan ek soğurma yapısının şiddetinin, birinci minimumun ortasına kadar arttığını, birinci minimum ortasından sonra azaldığını, $\phi = 0.105$ evrede ise bu yapının yok olduğunu belirtmişlerdir. Ek soğurmayı, bu gözlenen evrelerde gözlemcinin bakış doğrultusunda olan bileşenin (yoldaş bileşen) önünde bir gazın varlığı ile açıklamışlardır. Modellerle yoldaş bileşenin gözlenen tayfı çoğunlukla tam olarak uyum sağlamamaktadır. Tayflar evrelere göre incelendiğinde bazı salma ve ek soğurma yapılarının yoldaş bileşenle bağlantılı olduğu belirlenmiştir. Bu yapılar, soğuk bir yıldız olan G tayf türündeki yoldaş bileşenin manyetik aktivitesiyle bağlantılı olabilir. Algollerin yoldaş bileşenlerinde manyetik aktivitenin karakteristiği değişkenlik gösterir ama temel olarak yıldız üzerindeki soğuk leke ve parlamalar olarak ifade edilir (Richards ve Albright 1993). Algollerde kromosferik aktivitenin varlığı ilk kez β Persei üzerinde yapılan çalışmalardan elde edilmiştir (Richards 1990). Stern vd (1992), β Persei'deki

parlamaların X-ışın ölçümleri, “loop” yüksekliklerinin yoldaş bileşenin yarıçapıyla kıyaslanabilir düzeyde olabileceğini göstermiştir. White ve Marshall (1983) U Sge sisteminde yoldaş bileşen üzerinde X-ışın parlamaları tespit etmişlerdir. X-ışın parlamalarının yanında H_{α} salmaları da tipik bir kromosferik aktivite belirteçidir. Gözlenen salmaların çoğunun manyetik aktivite gösteren soğuk yoldaş bileşenden kaynaklanması olasıdır. Manyetik aktivitenin H_{α} çizgisine katkısı salma olabileceği gibi ek soğurma da olabilir (Richards ve Albright 1993).

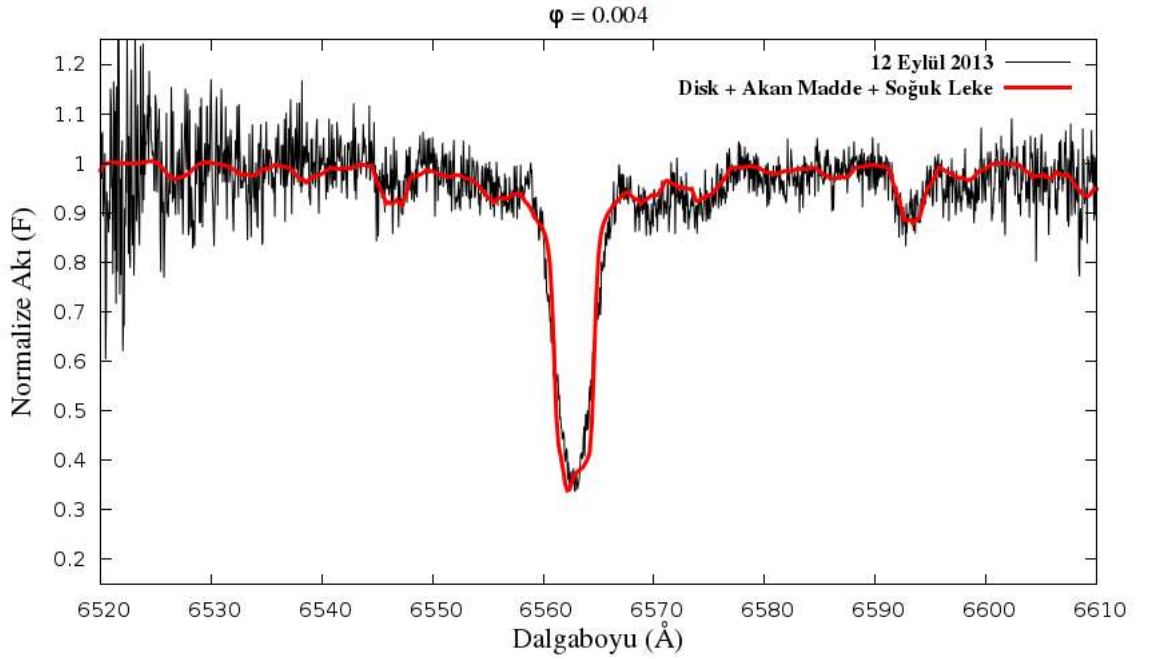


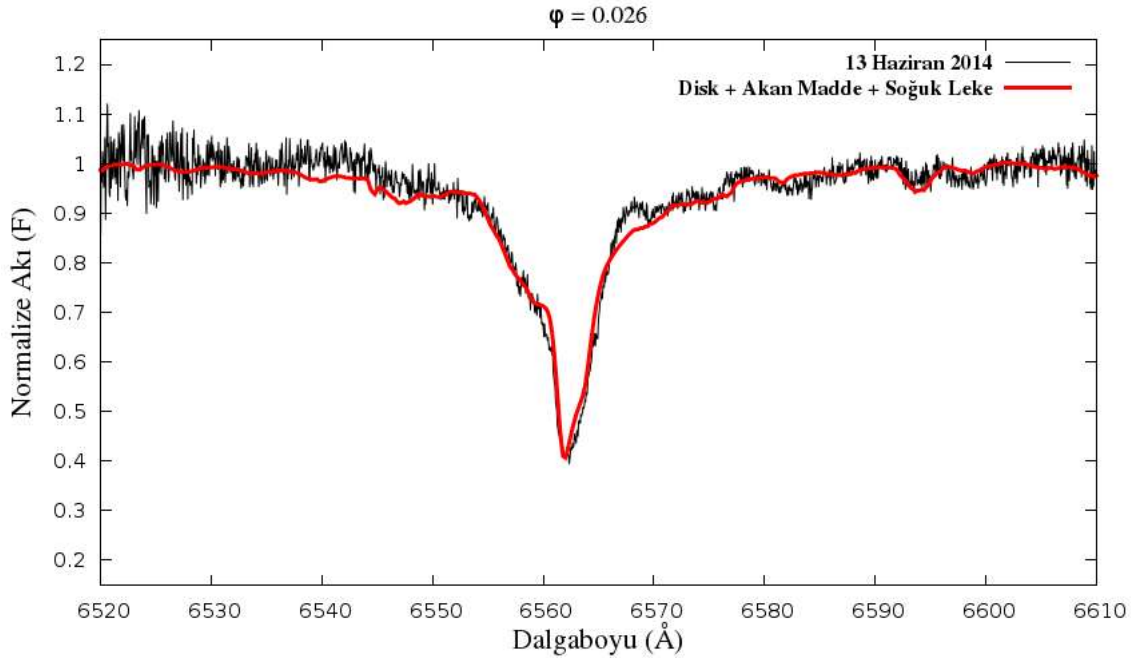
Şekil 4.10. U Sge sisteminin $\phi = 0.0$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi ve bu çizgiye yapılan iki farklı model

Gözlenen tayflar $\phi = 0.0$ evre komşuluğunda “soğuk leke” parametresi eklenerek modellenmiştir. Buna göre sistemde disk, akan madde, çarpma bölgesi (sıcak leke) ve yoldaş bileşenin aktivitesinin katkısı bulunmaktadır. Kullanılan program yalnızca bir bileşen etrafındaki ve/veya üzerindeki maddenin modellenmesine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle, birinci minimum, birinci minimuma giriş ve çıkış dışındaki her iki bileşenin de görüldüğü evrelerde, yalnızca baş bileşen etrafındaki ve üzerindeki madde, akan madde ile birlikte modellenmiştir (Şekil 4.11.h,i,j,k,l,m,n,o,ö,p,r,s,ş,t,u,ü,v,y,z ve Şekil 4.12.a,b,c,ç,d,e,f,g,h,i,j,k,l). Bu modellerde disk, akan madde ve çarpma bölgesi (sıcak leke olarak adlandırılan) çift sistemin bileşenlerine ek olarak gözönüne alınmıştır. Baş bileşenin tutulduğu evrelerde tayflar bileşenlerin ışık katkılarında sadece disk ve yoldaş bileşenin aktivite katkısı (soğuk leke olarak adlandırılan) eklenerek modellenmiştir (Şekil 4.11.a,b,c,ç,d,e,f,g ve Şekil 4.12.m,n,o,ö,p,r,s,ş,t,u,ü). Yoldaş bileşen üzerindeki manyetik ilmeklerin izdüşümü ve soğuk lekelerin katkısını veren soğuk leke parametresi, gözlenen tayfların $\phi = 0.850$ ϕ ve $\phi = 0.145$ evre aralıklarında modellere dahil edilip, sıcaklığı $T_{\text{soğuk leke}} \sim 3800$ °K, yarıçapı $R_{\text{soğuk leke}} \sim 3.5 R_{\odot}$ olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.8’de baş bileşenin çevresindeki diskin fiziksel parametreleri verilmiştir. Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de farklı zamanlarda ve farklı evrelerde alınan tüm gözlem tayfları ve yapılan sentetik modeller gösterilmektedir.

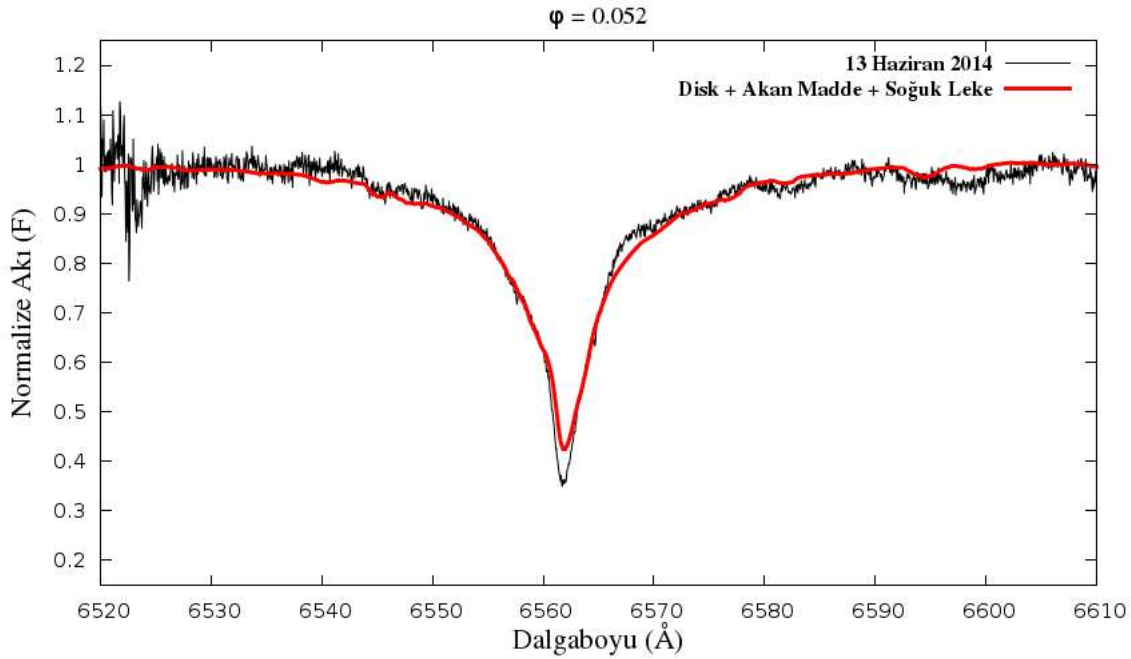
Çizelge 4.8. U Sge sisteminde toplanma diskinin model parametreleri

Parametre (Birim)	Değer
<u>Disk</u>	
a (disk kalınlığı, R_{\odot})	0.82 ± 0.02
$R_{iç}$ (iç yarıçap, R_{\odot})	6.2 ± 0.2
$R_{dış}$ (dış yarıçap, R_{\odot})	9.5 ± 0.4
ρ (yoğunluk, cgs)	$10^{-14} < \rho < 10^{-12}$
T_e (K)	8000 ± 500
<u>Akan madde</u>	
T_e (K)	4500 ± 500
ρ (yoğunluk, cgs)	50×10^{-9}
<u>Sıcak leke</u>	
T_e (K)	20000
ρ (yoğunluk, cgs)	50×10^{-10}

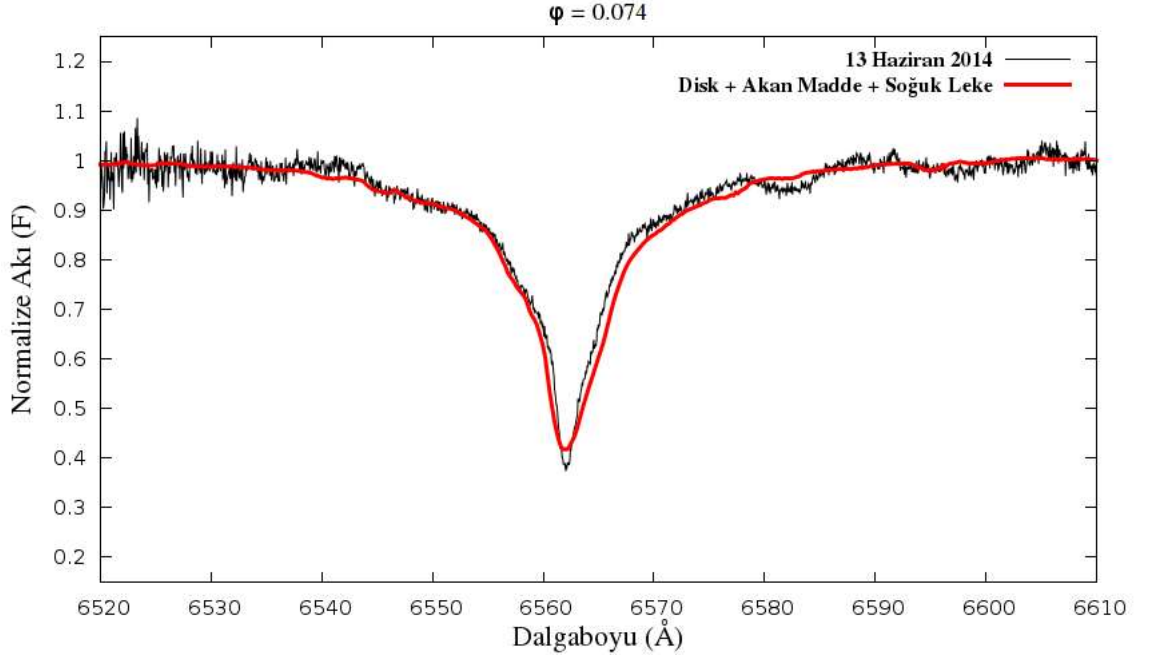
Şekil 4.11. a) U Sge sisteminin $\phi = 0.004$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



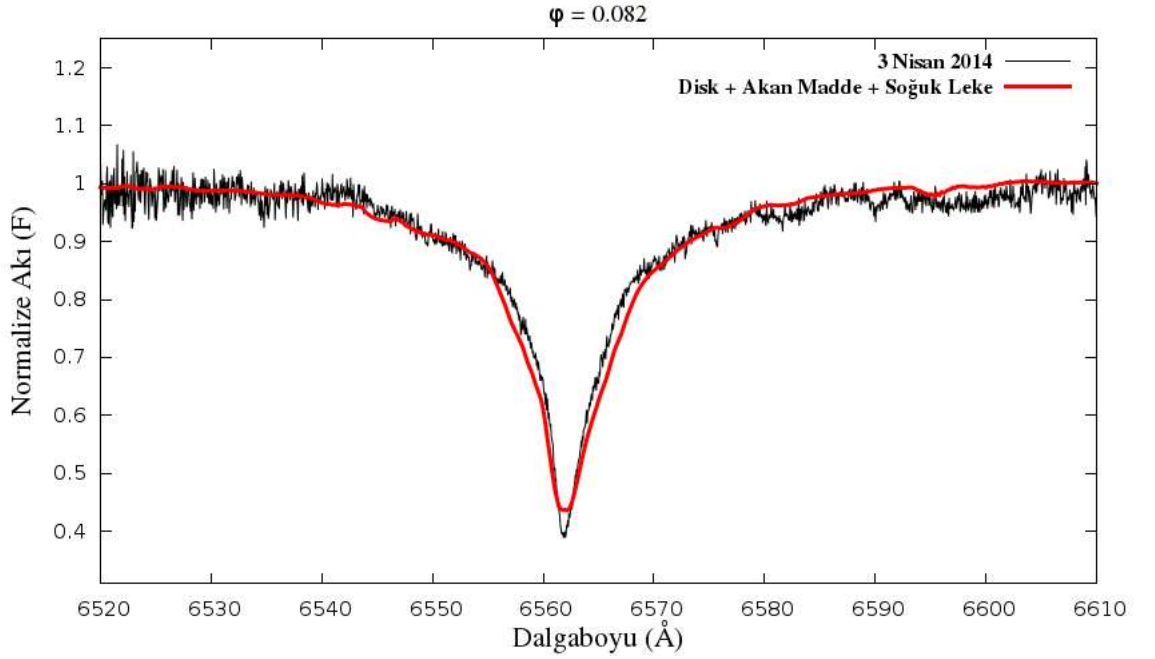
Şekil 4.11. b) U Sge sisteminin $\varphi = 0.026$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



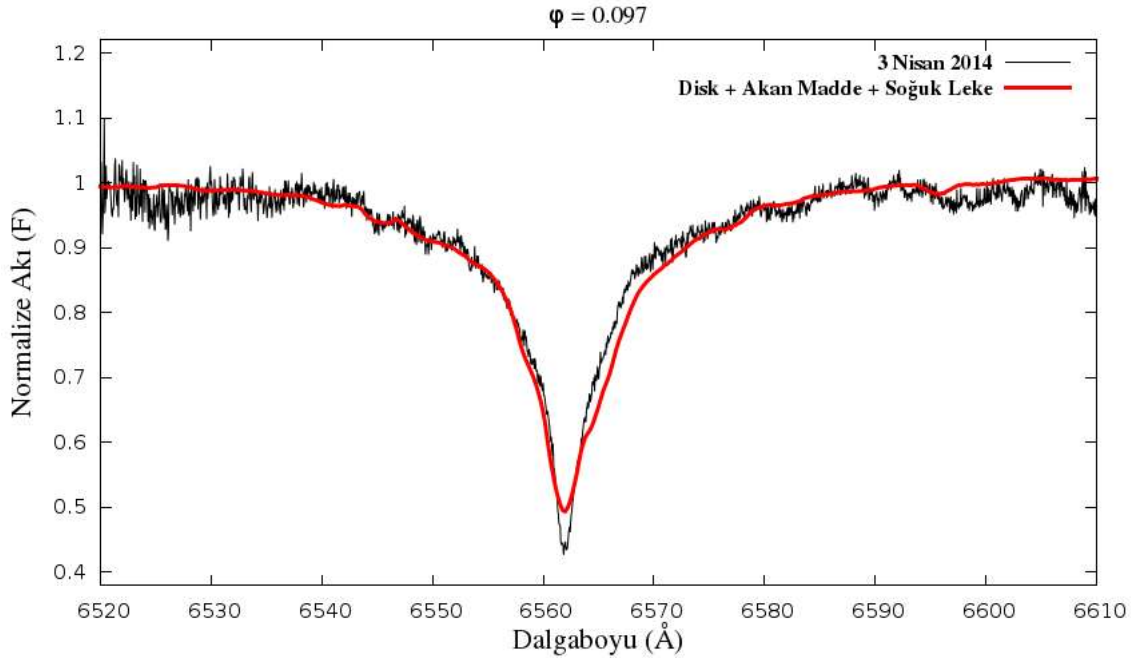
Şekil 4.11. c) U Sge sisteminin $\varphi = 0.052$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



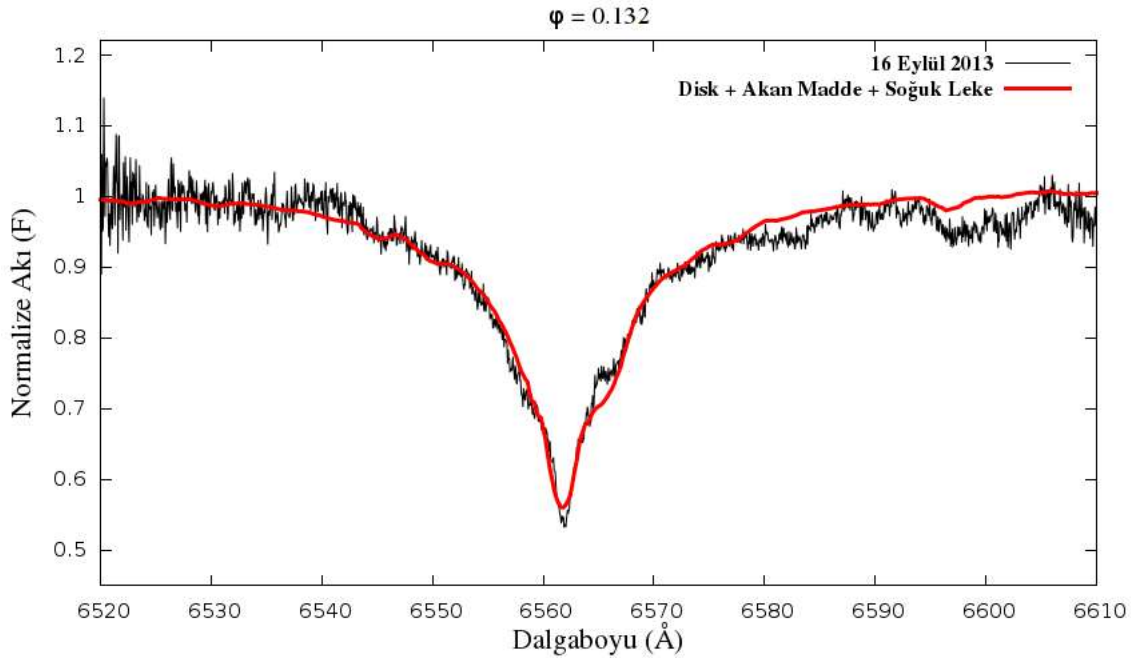
Şekil 4.11. c) U Sge sisteminin $\phi = 0.074$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



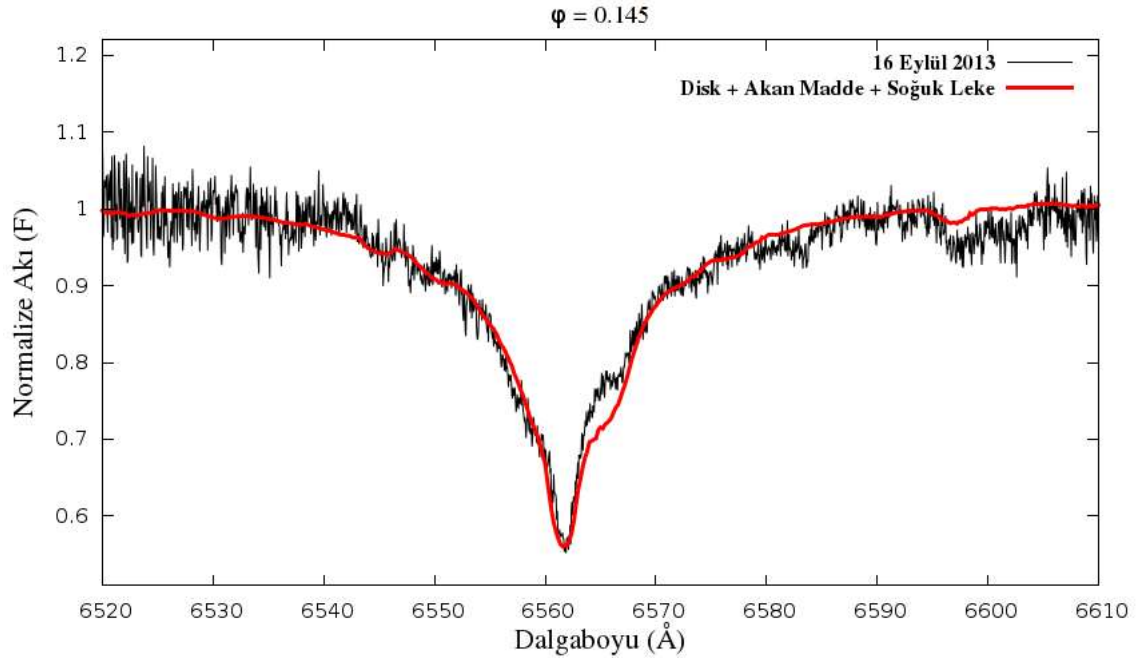
Şekil 4.11. d) U Sge sisteminin $\phi = 0.082$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



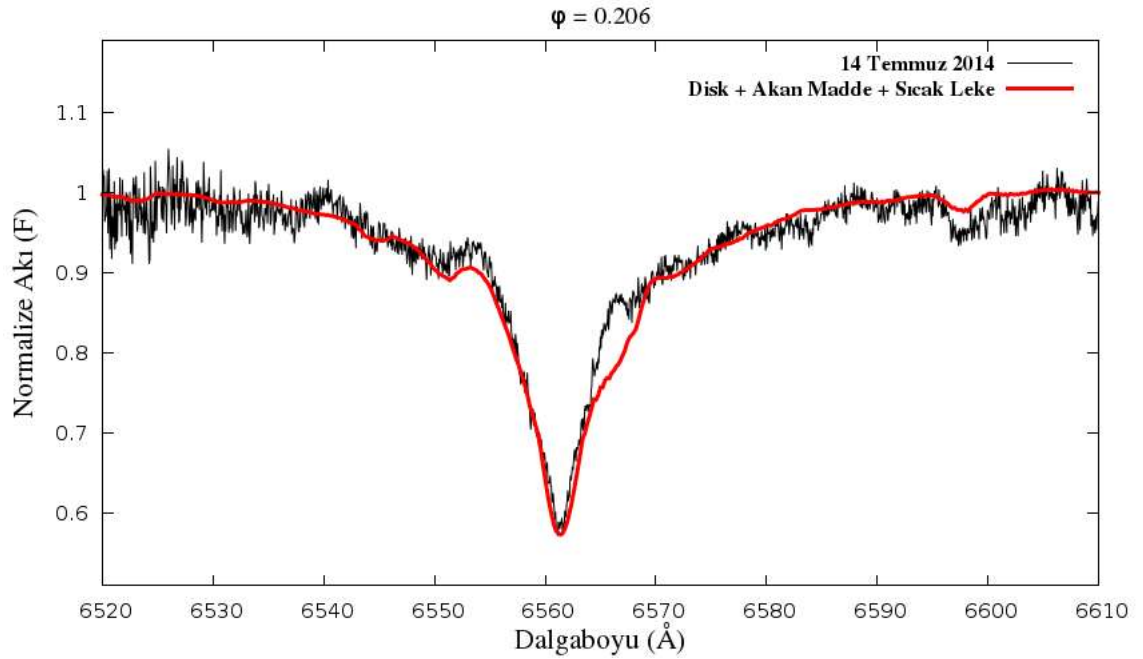
Şekil 4.11. e) U Sge sisteminin $\varphi = 0.097$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



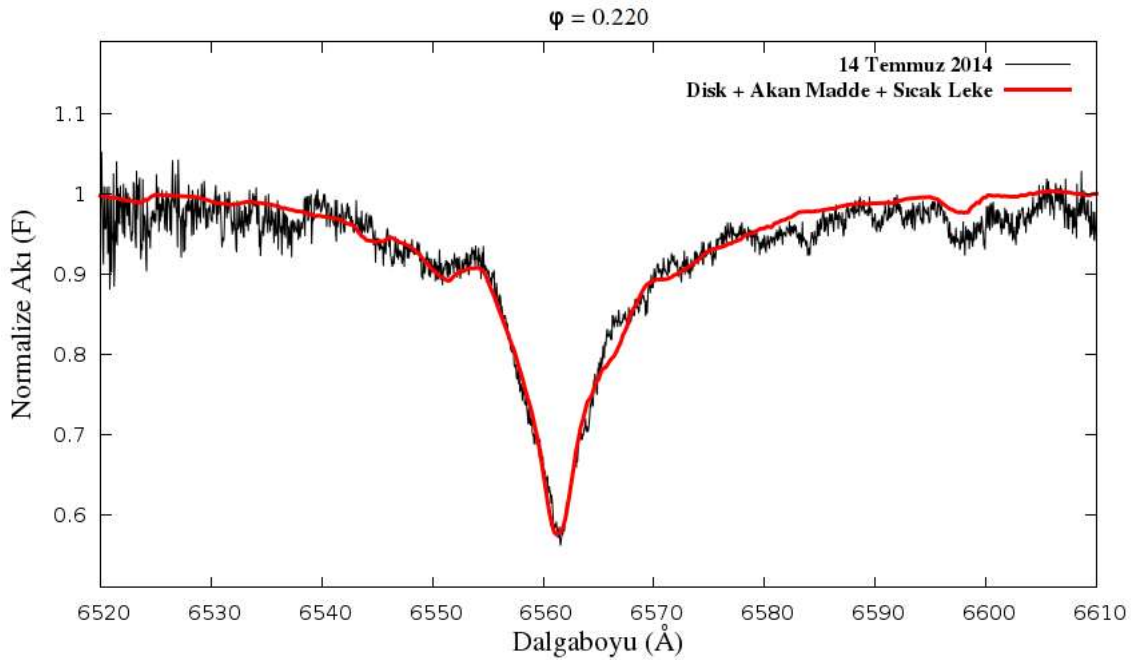
Şekil 4.11. f) U Sge sisteminin $\varphi = 0.132$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



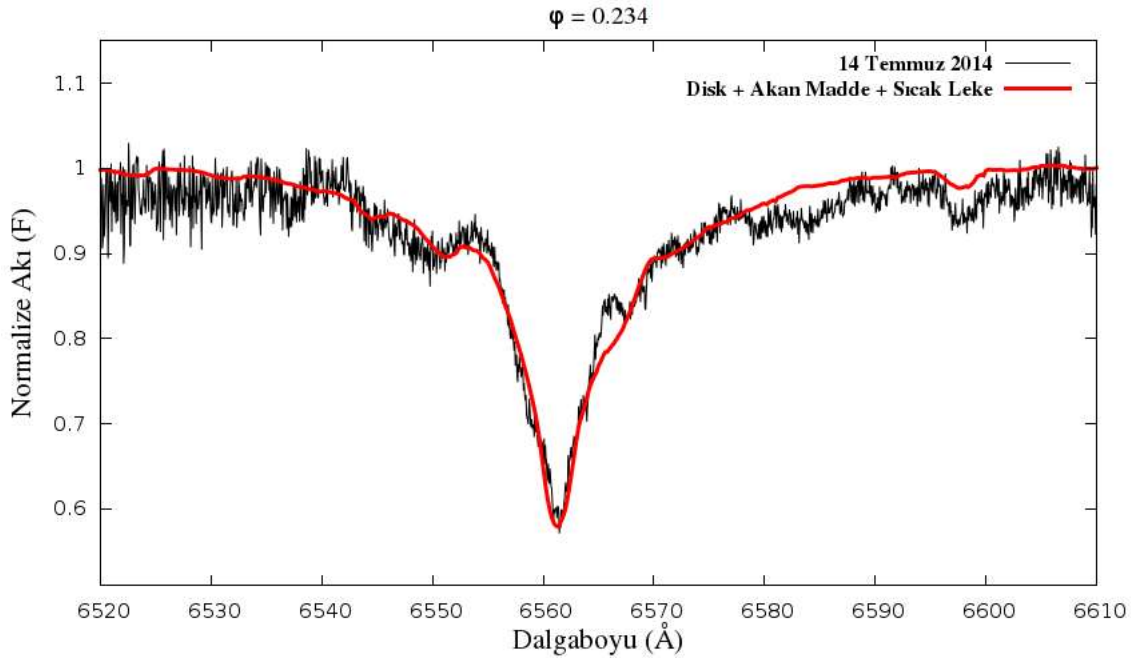
Şekil 4.11. g) U Sge sisteminin $\phi = 0.145$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



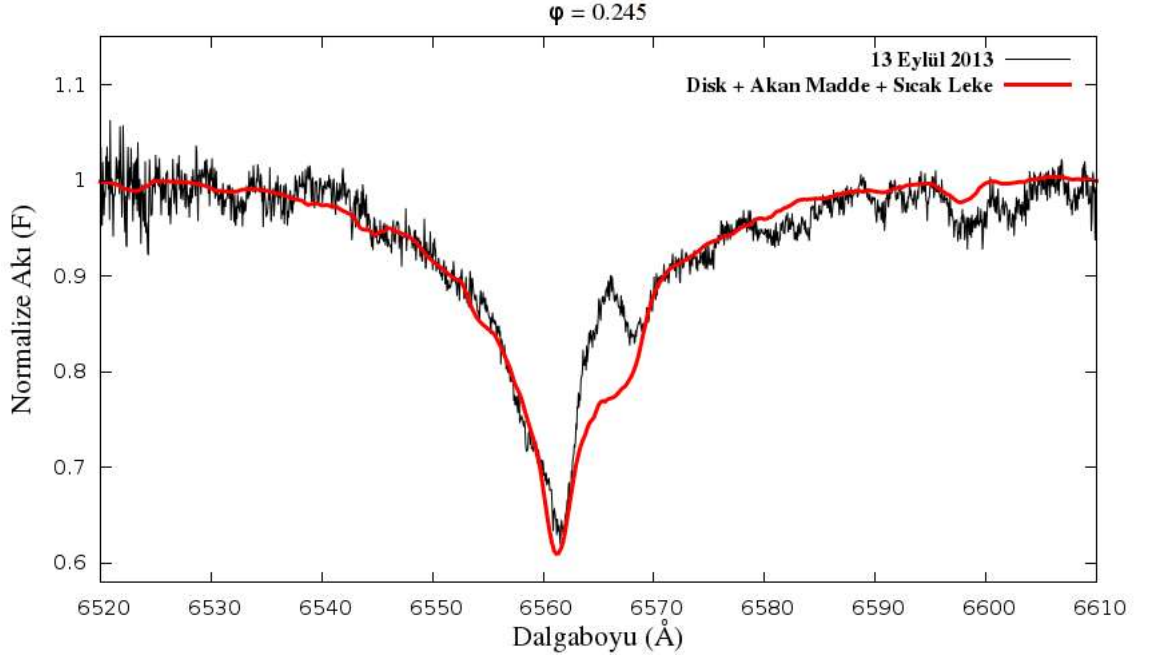
Şekil 4.11. h) U Sge sisteminin $\phi = 0.206$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



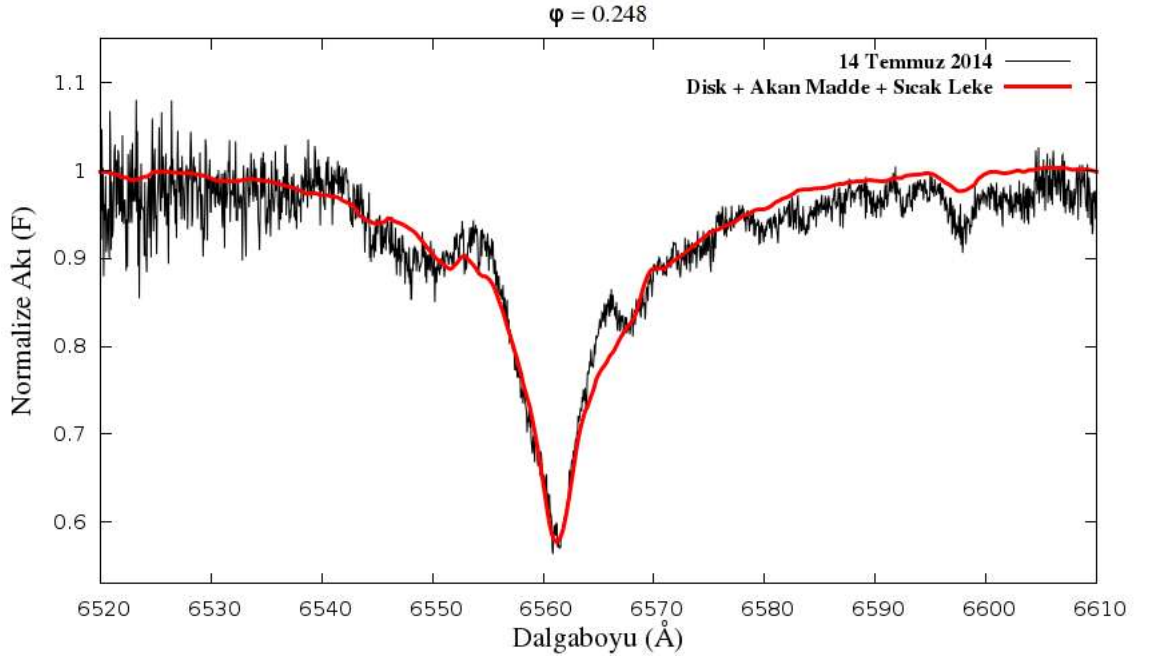
Şekil 4.11. i) U Sge sisteminin $\varphi = 0.220$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



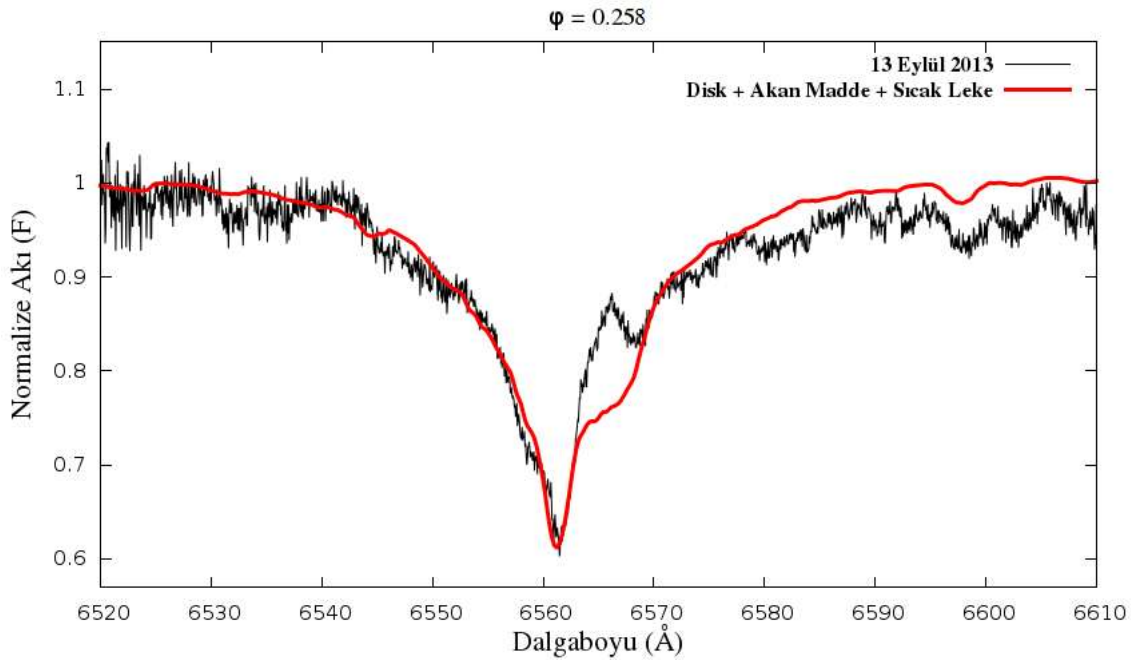
Şekil 4.11. i) U Sge sisteminin $\varphi = 0.234$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



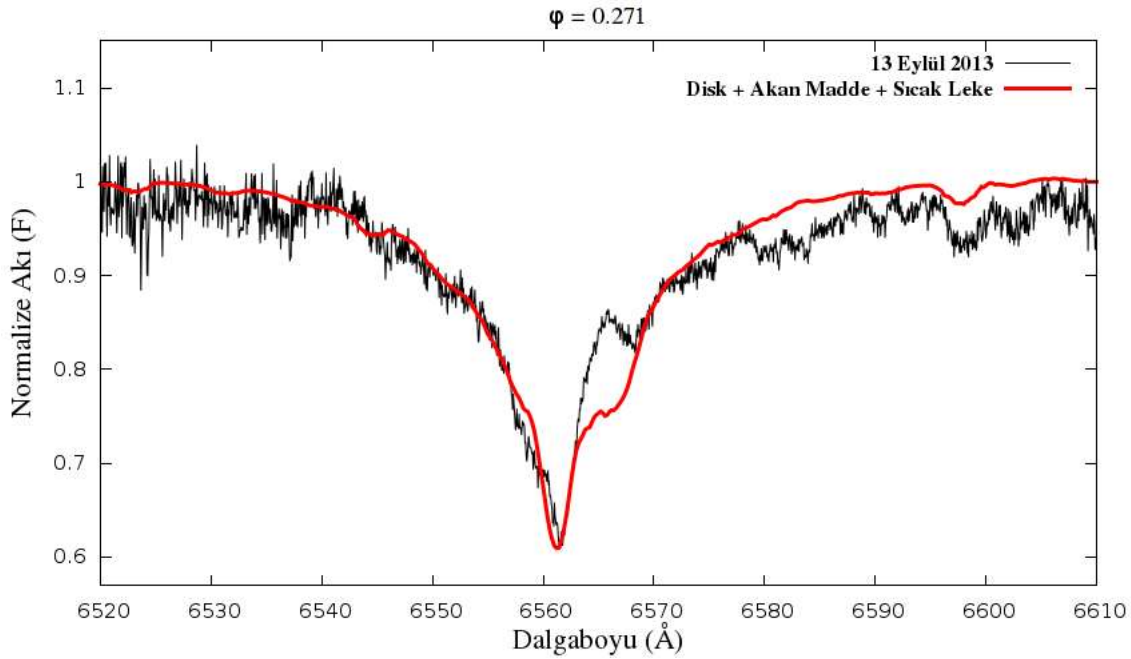
Şekil 4.11. j) U Sge sisteminin $\phi = 0.245$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



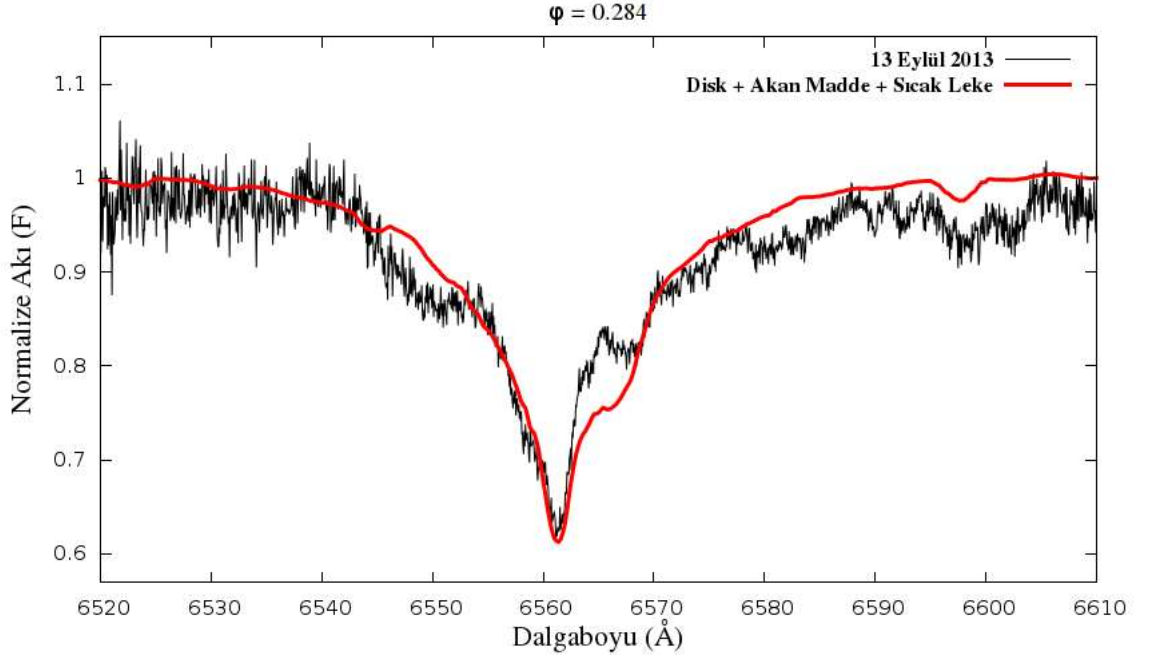
Şekil 4.11. k) U Sge sisteminin $\phi = 0.248$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



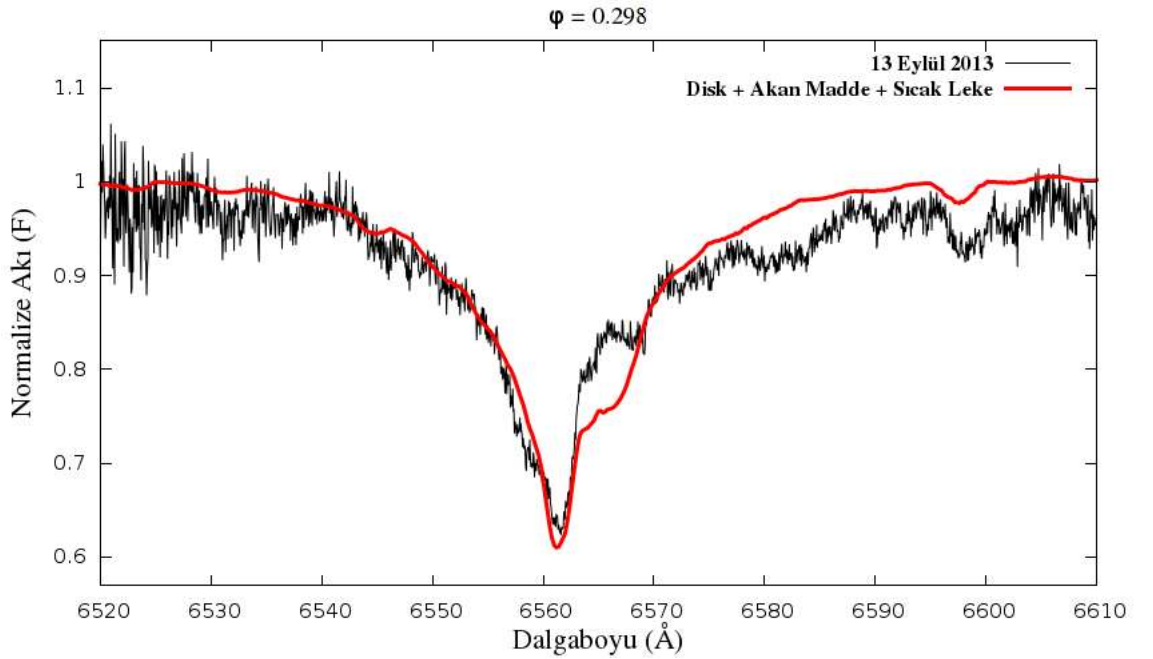
Şekil 4.11. l) U Sge sisteminin $\phi = 0.258$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



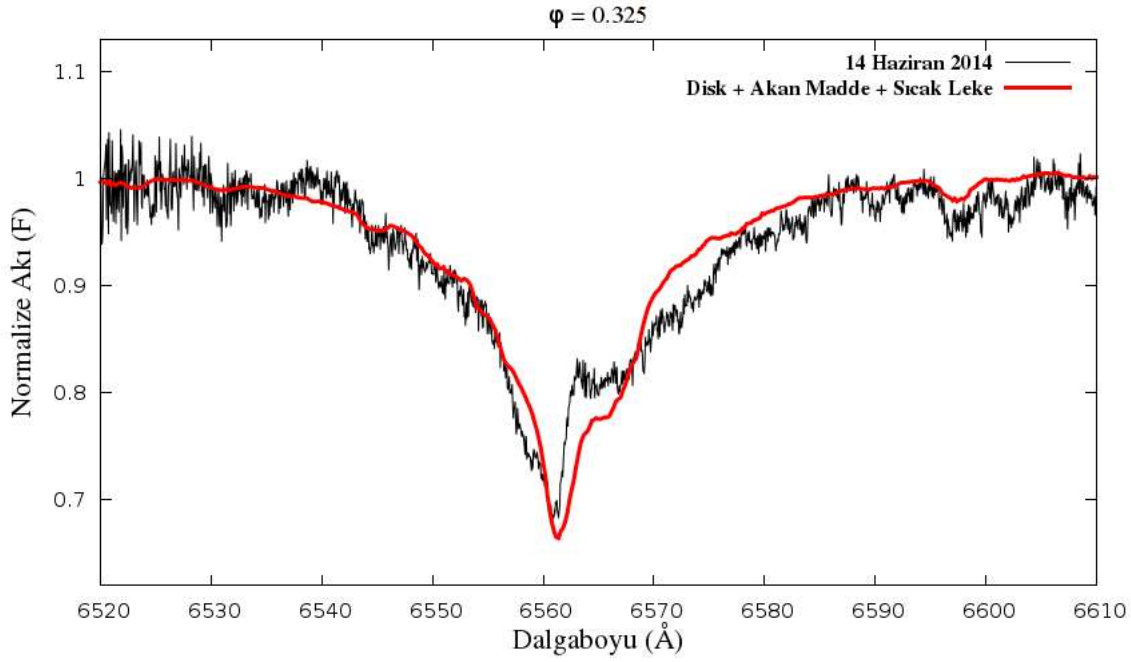
Şekil 4.11. m) U Sge sisteminin $\phi = 0.271$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



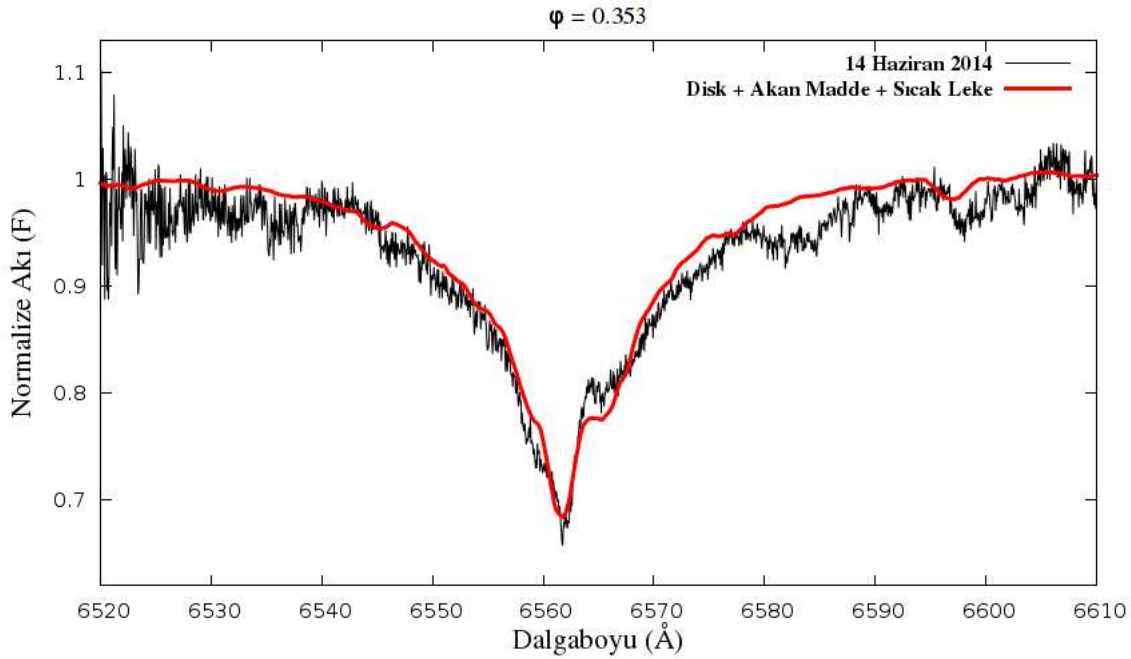
Şekil 4.11. n) U Sge sisteminin $\phi = 0.284$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



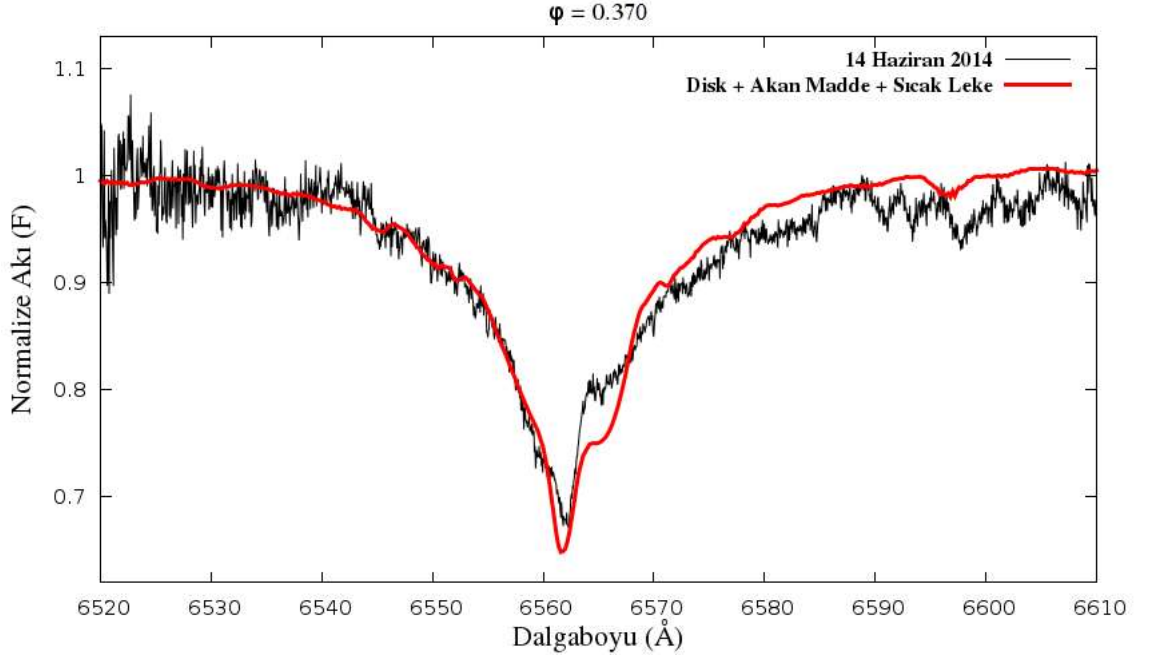
Şekil 4.11. o) U Sge sisteminin $\phi = 0.298$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



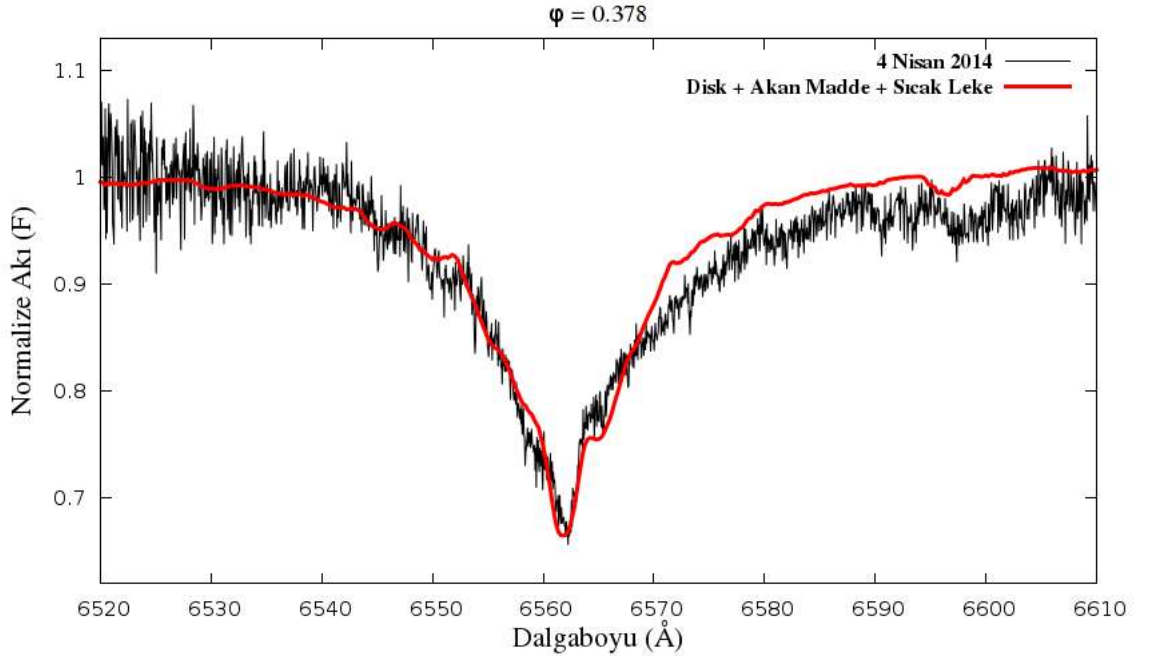
Şekil 4.11. ö) U Sge sisteminin $\phi = 0.325$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



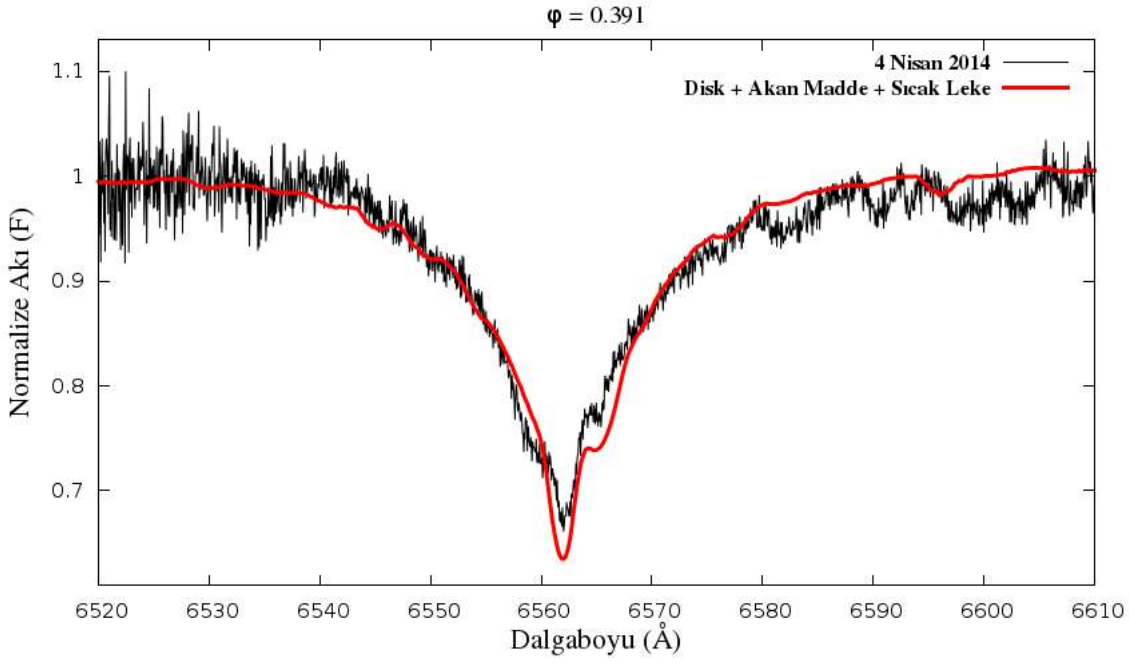
Şekil 4.11. p) U Sge sisteminin $\phi = 0.353$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



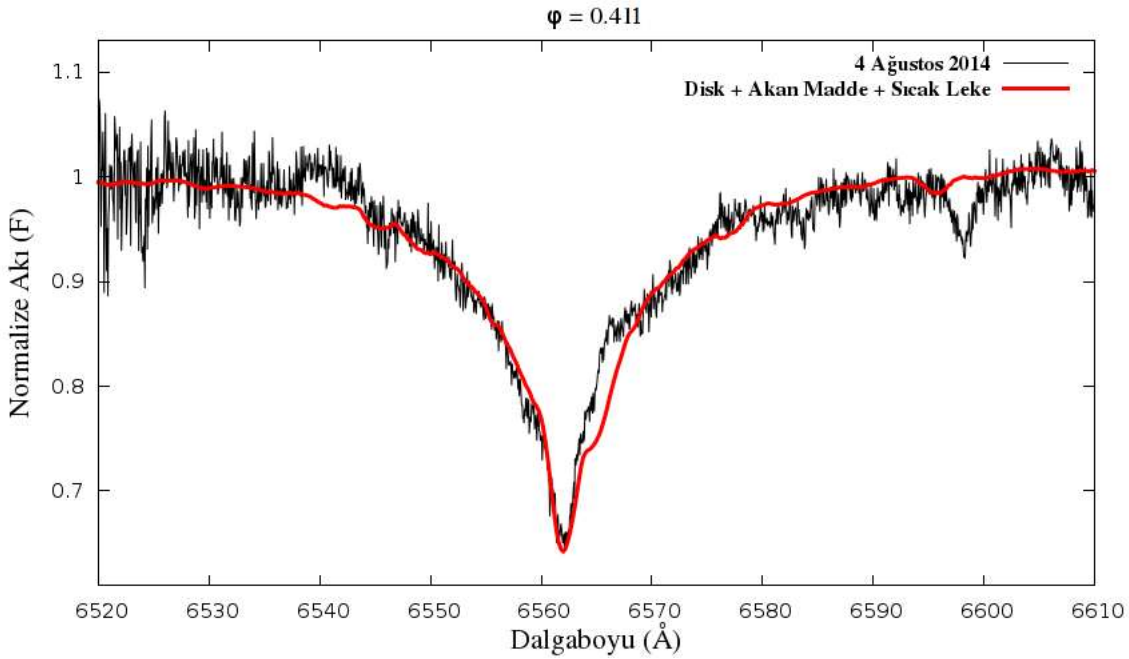
Şekil 4.11. r) U Sge sisteminin $\phi = 0.370$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



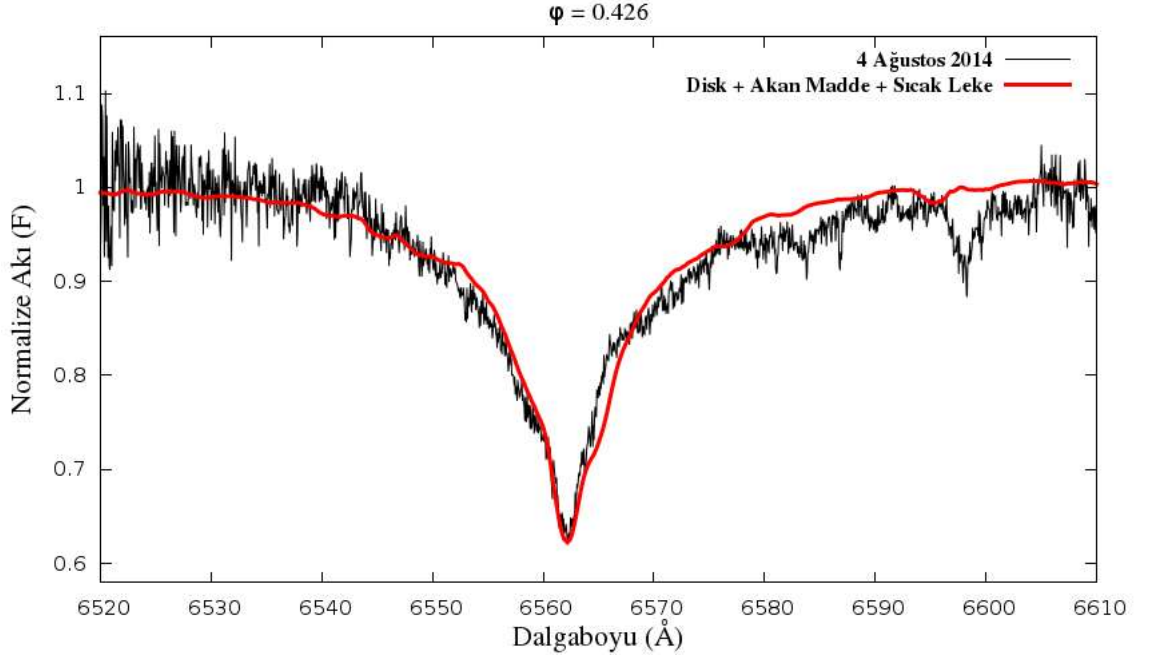
Şekil 4.11. s) U Sge sisteminin $\phi = 0.378$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



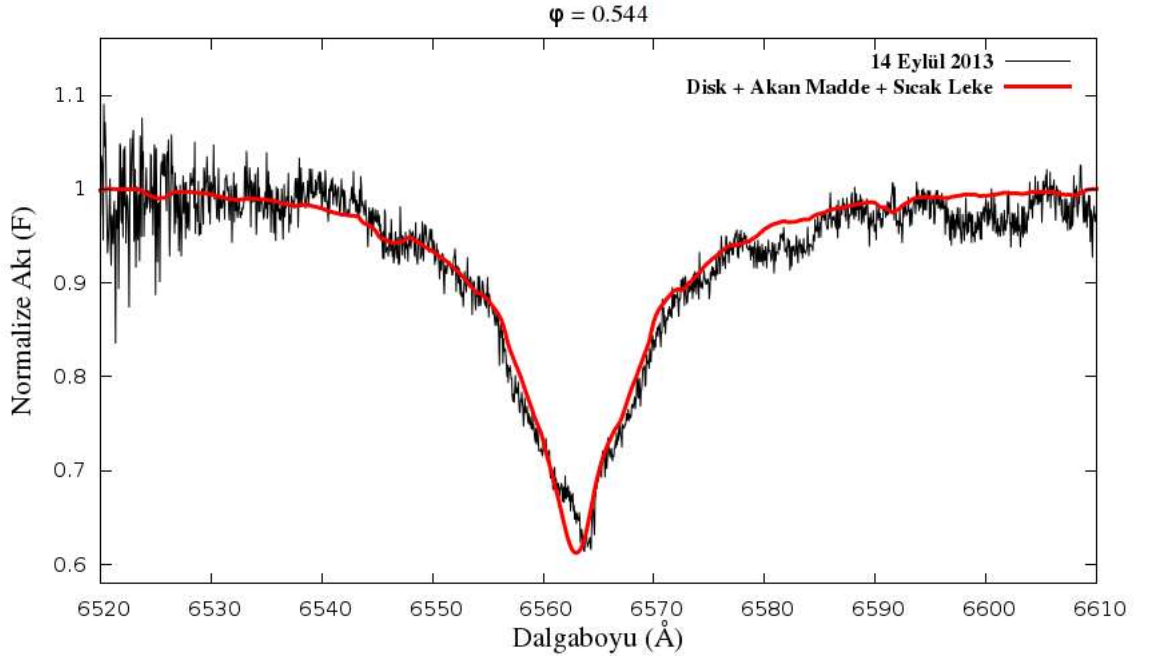
Şekil 4.11. ş) U Sge sisteminin $\phi = 0.391$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



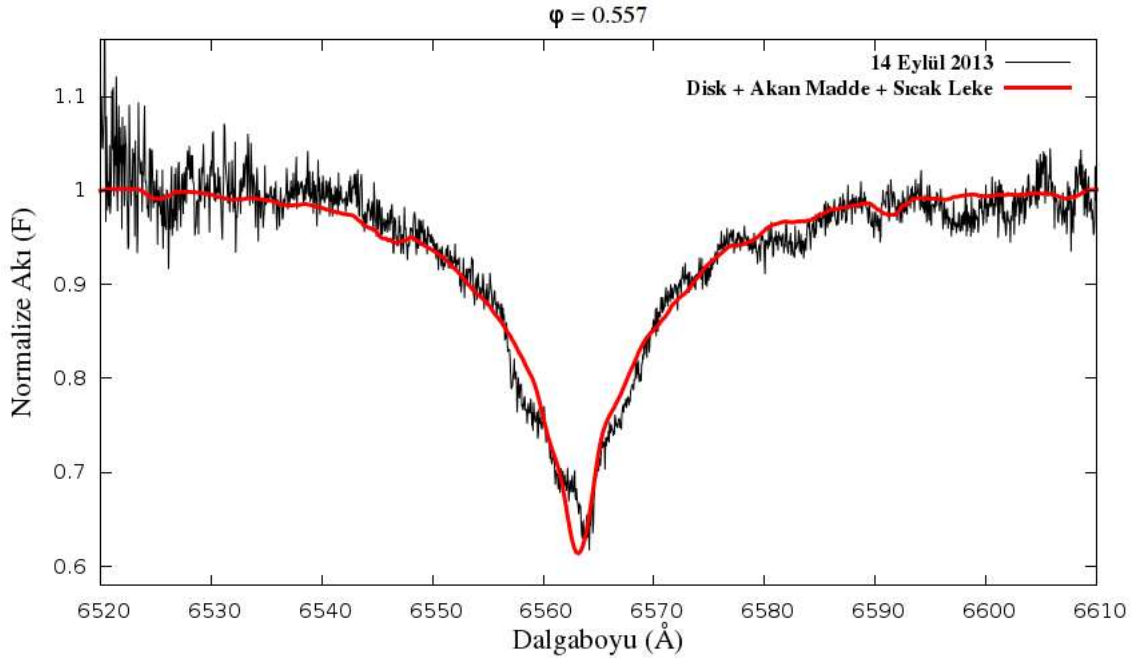
Şekil 4.11. t) U Sge sisteminin $\phi = 0.411$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



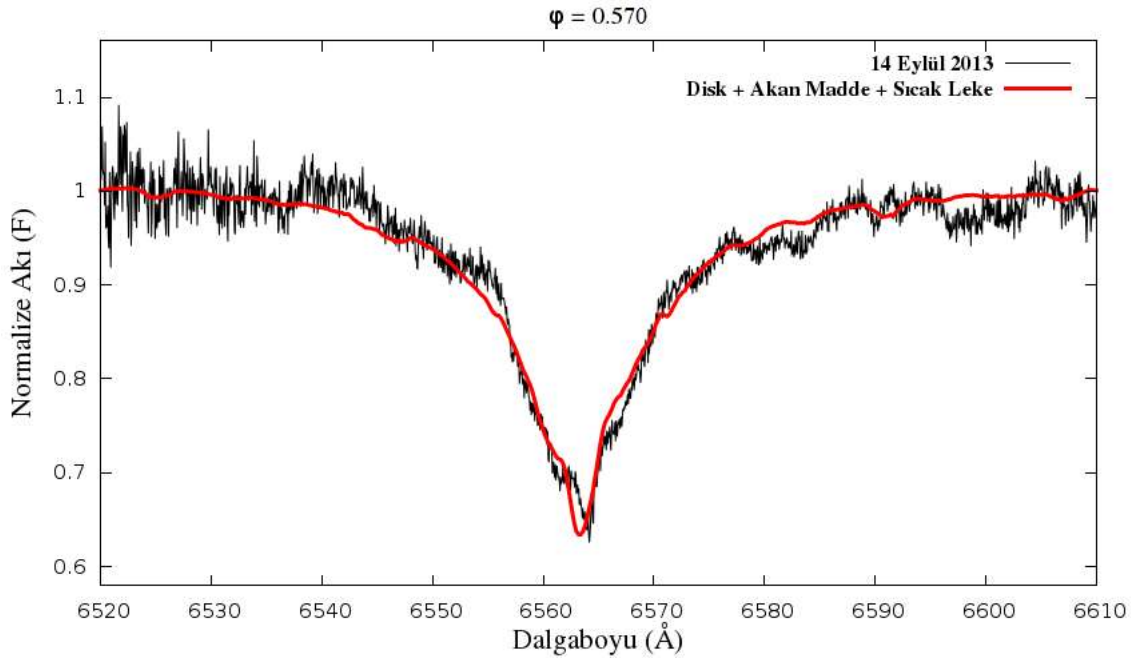
Şekil 4.11. u) U Sge sisteminin $\phi = 0.426$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



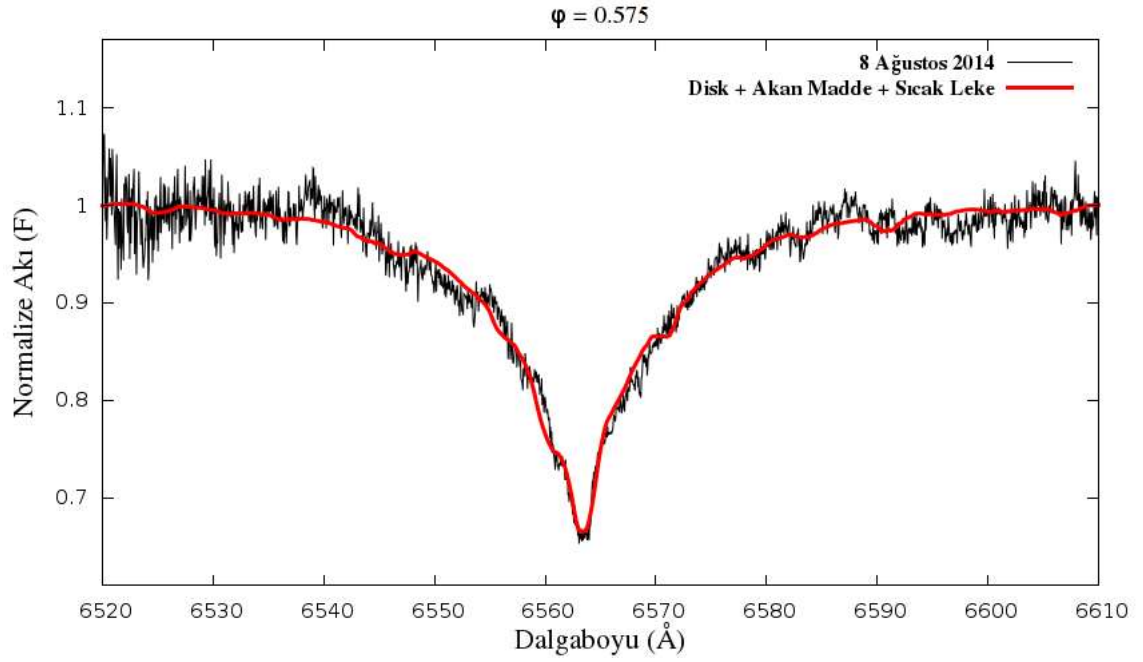
Şekil 4.11. ü) U Sge sisteminin $\phi = 0.544$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



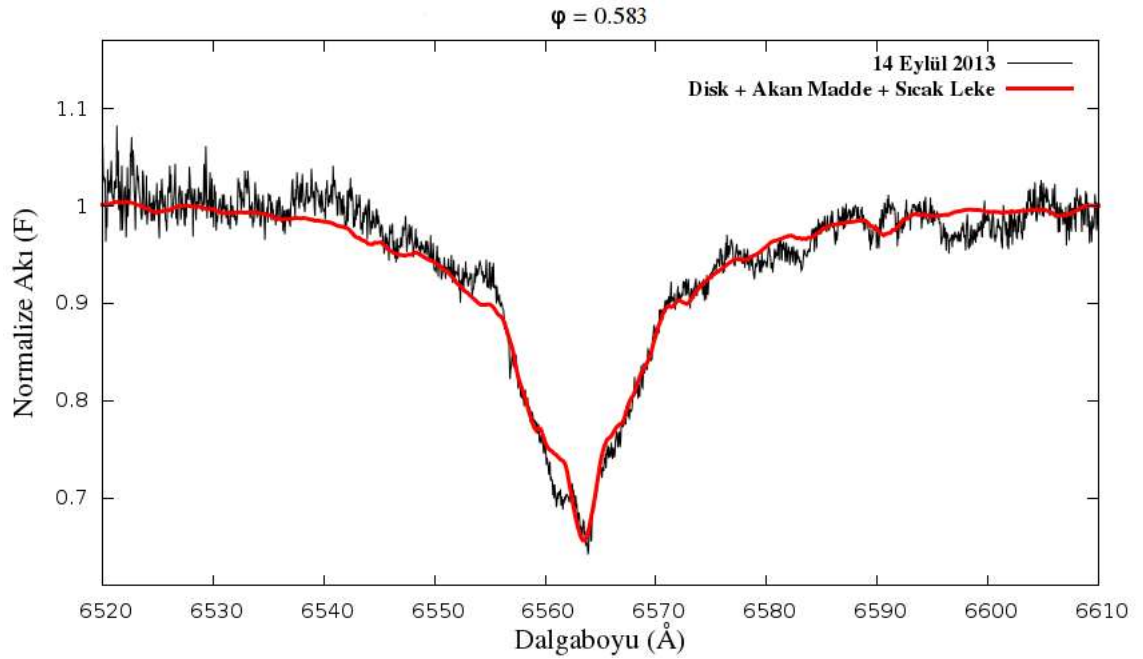
Şekil 4.11. v) U Sge sisteminin $\phi = 0.557$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



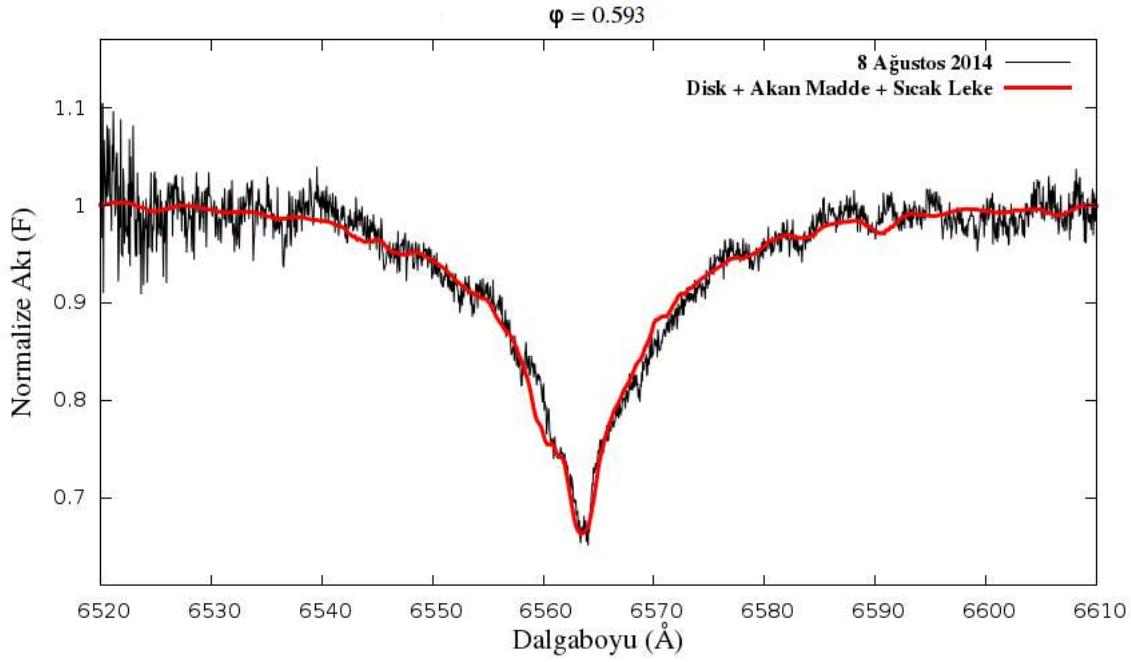
Şekil 4.11. y) U Sge sisteminin $\phi = 0.570$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



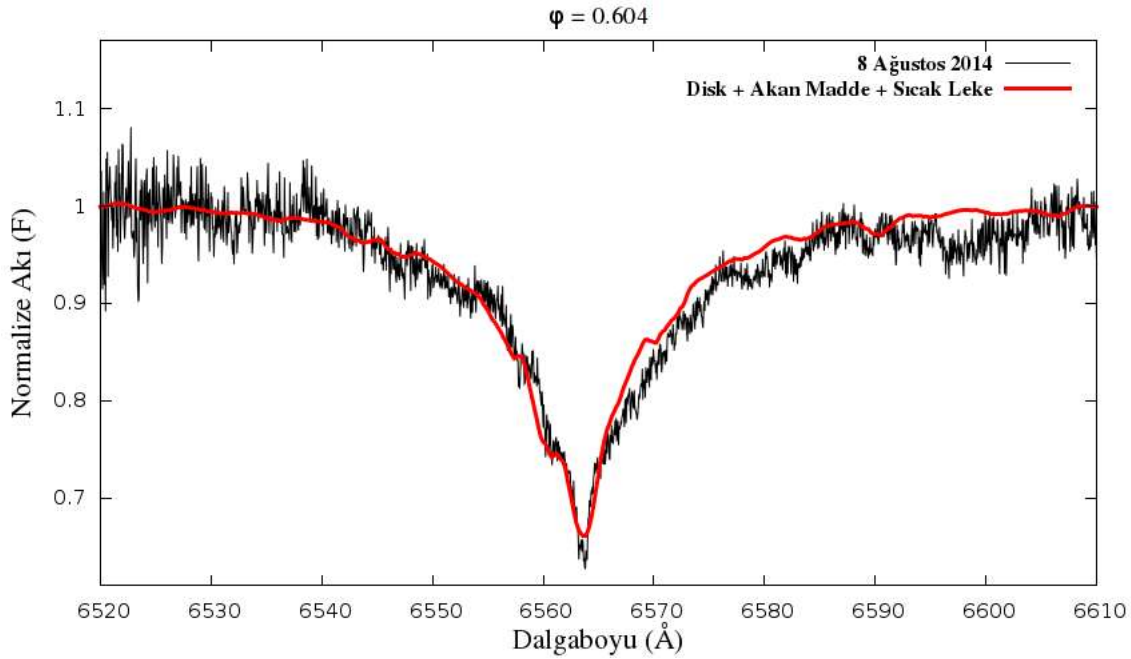
Şekil 4.11. z) U Sge sisteminin $\phi = 0.575$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



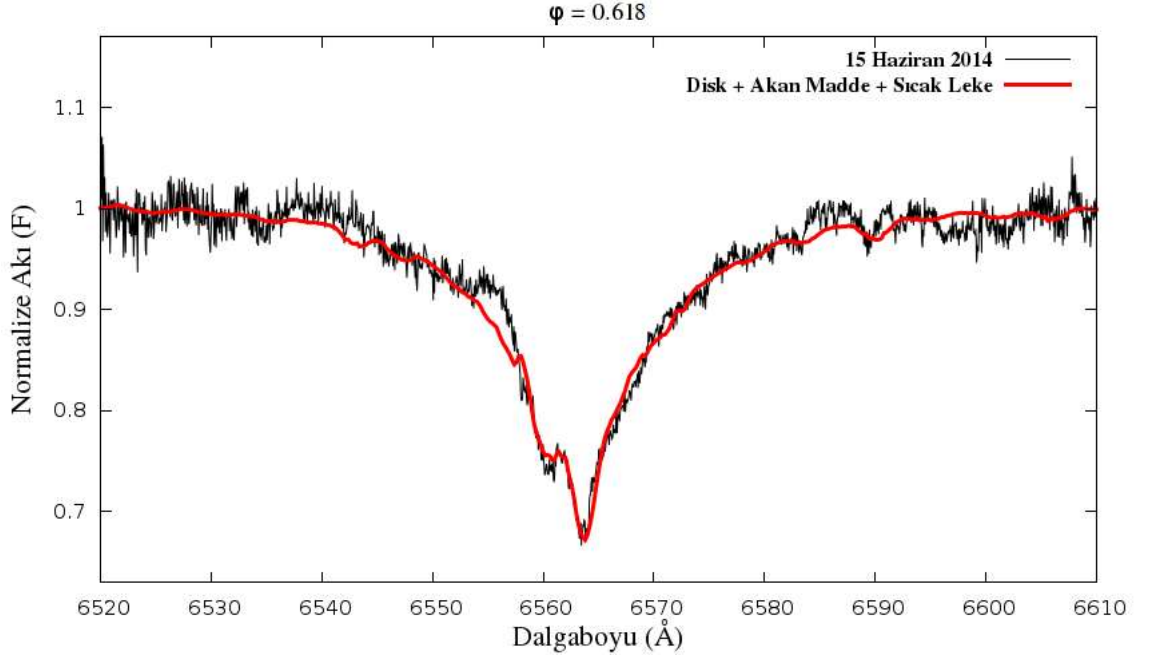
Şekil 4.12. a) U Sge sisteminin $\phi = 0.583$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



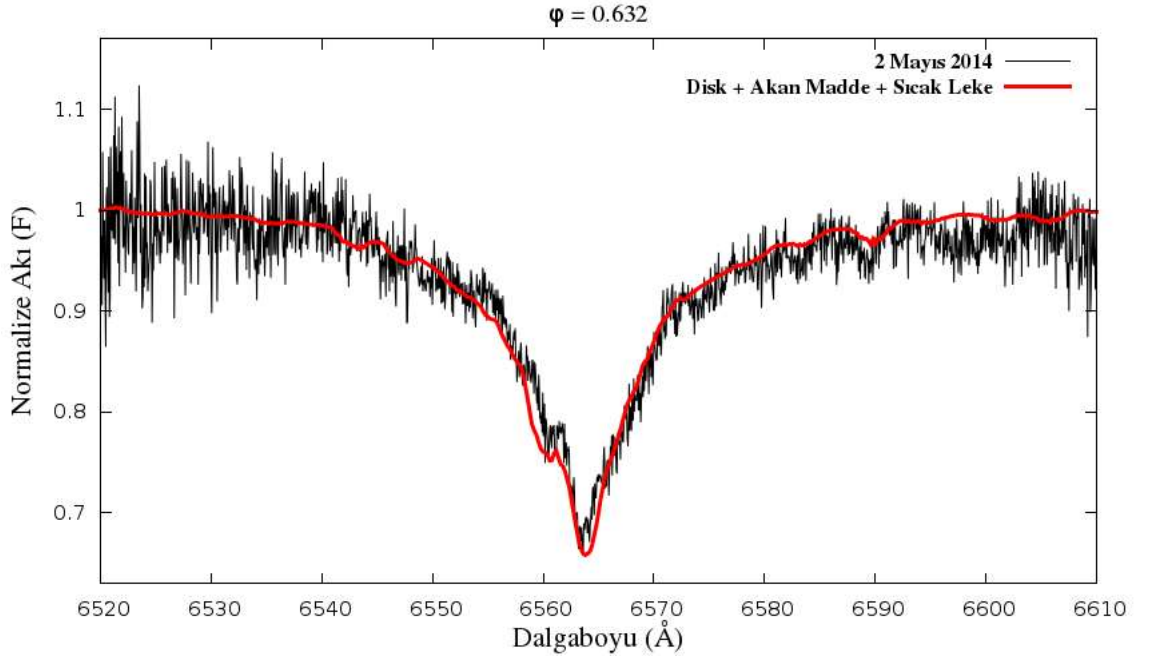
Şekil 4.12. b) U Sge sisteminin $\phi = 0.593$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



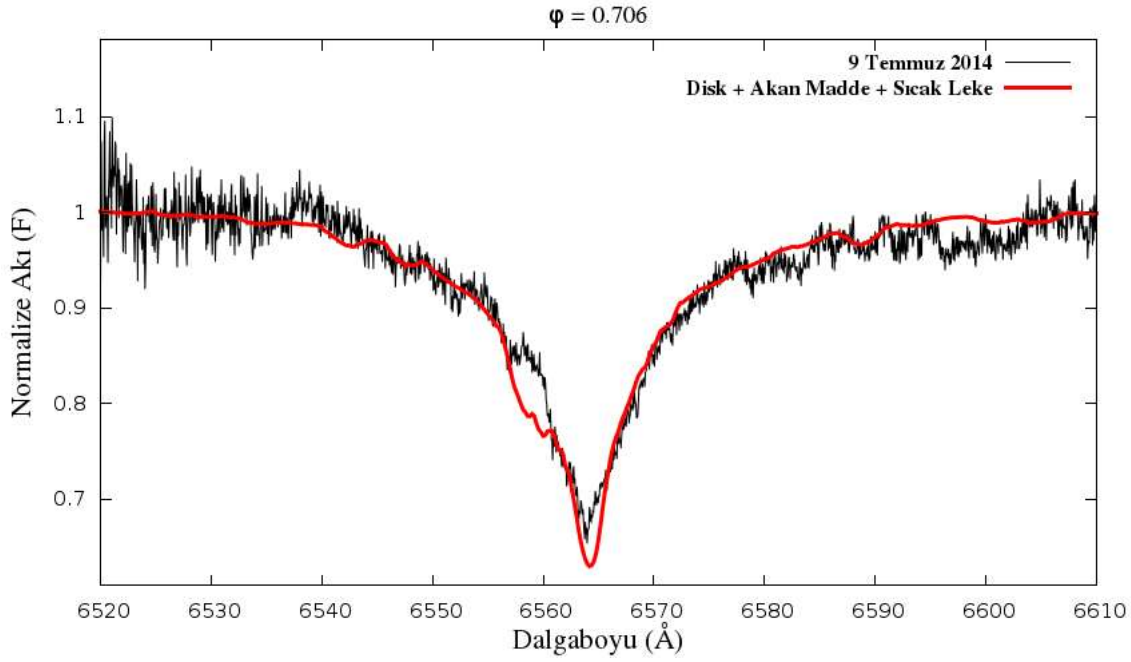
Şekil 4.12. c) U Sge sisteminin $\phi = 0.604$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



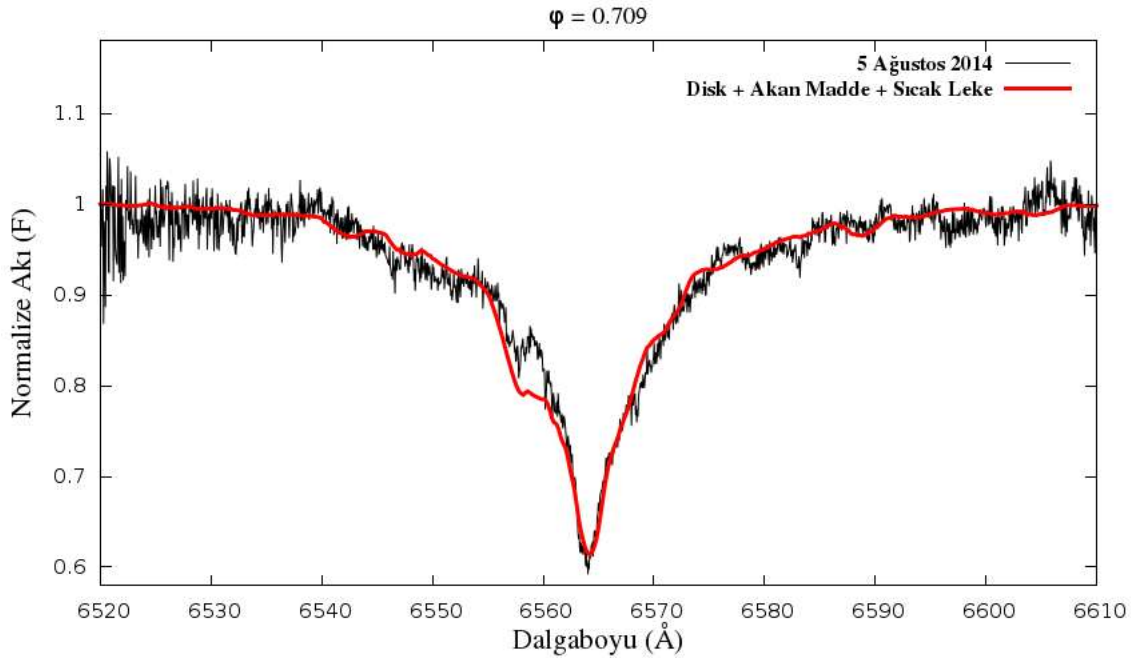
Şekil 4.12. ç) U Sge sisteminin $\phi = 0.618$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



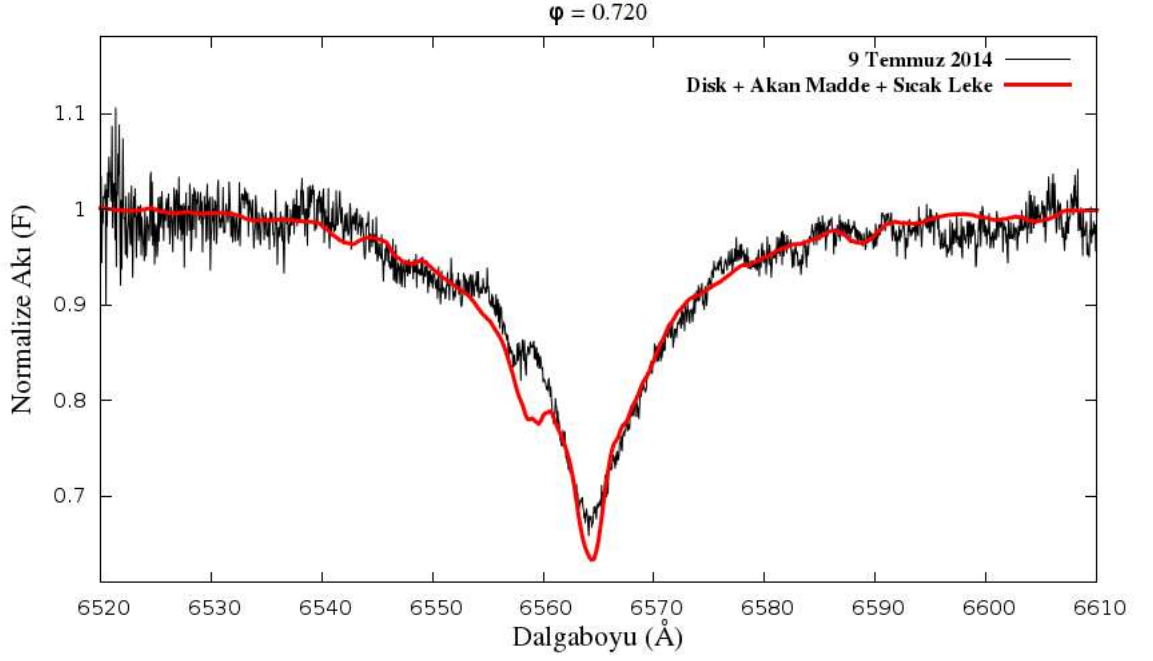
Şekil 4.12. d) U Sge sisteminin $\phi = 0.632$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



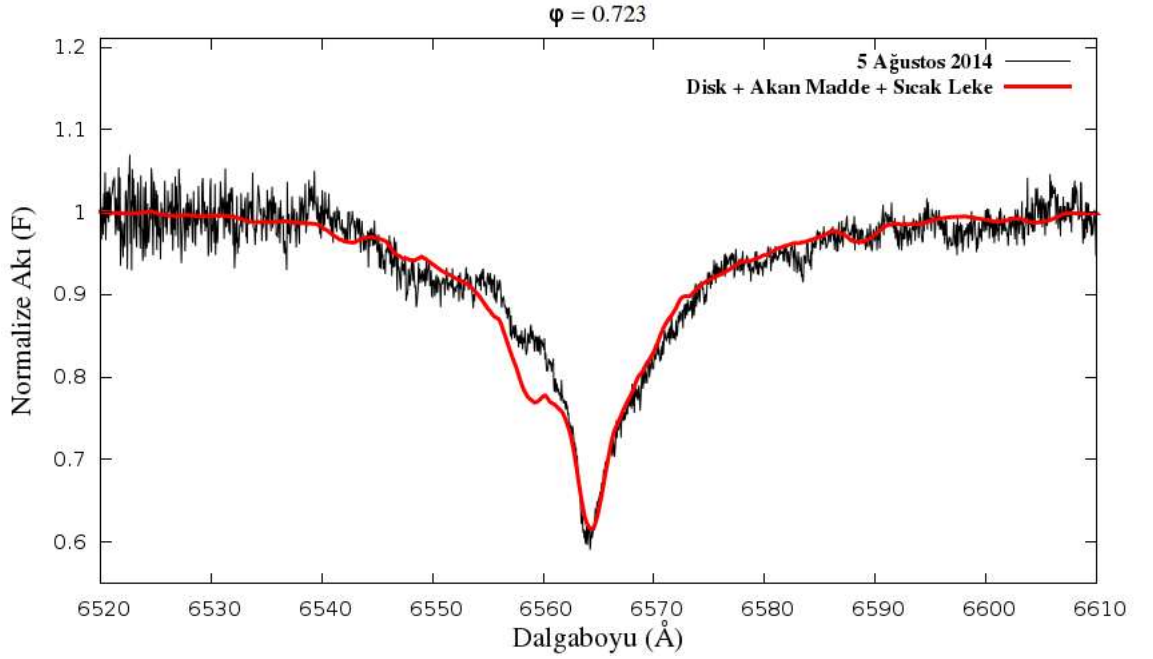
Şekil 4.12. e) U Sge sisteminin $\varphi = 0.706$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



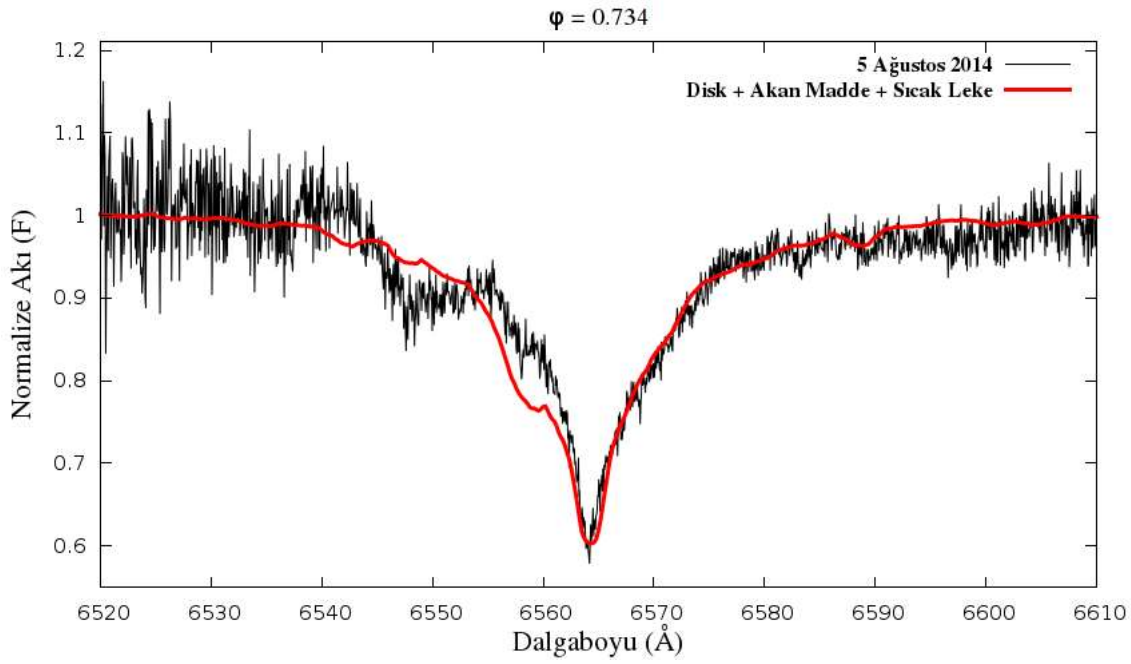
Şekil 4.12. f) U Sge sisteminin $\varphi = 0.709$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



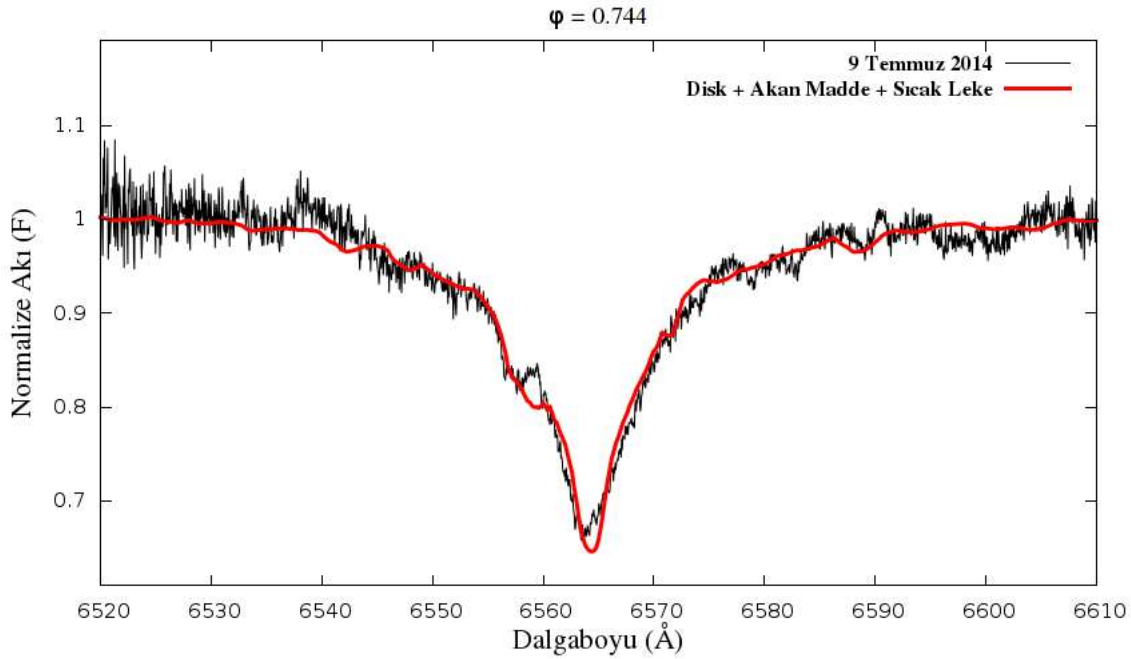
Şekil 4.12. g) U Sge sisteminin $\phi = 0.720$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



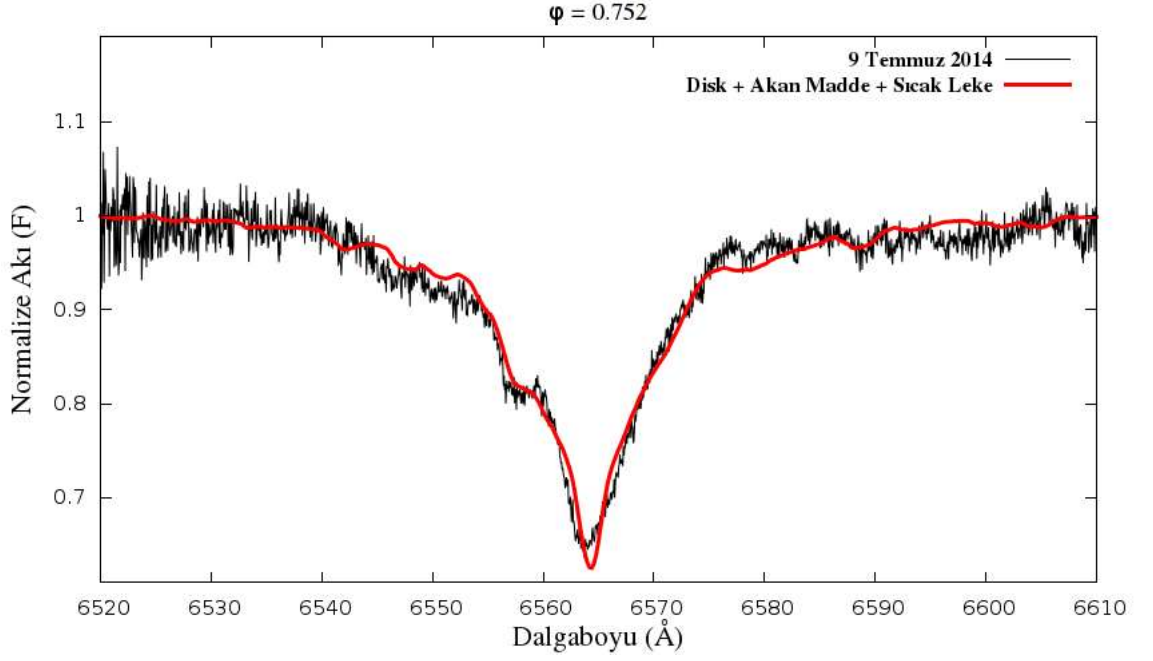
Şekil 4.12. h) U Sge sisteminin $\phi = 0.723$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



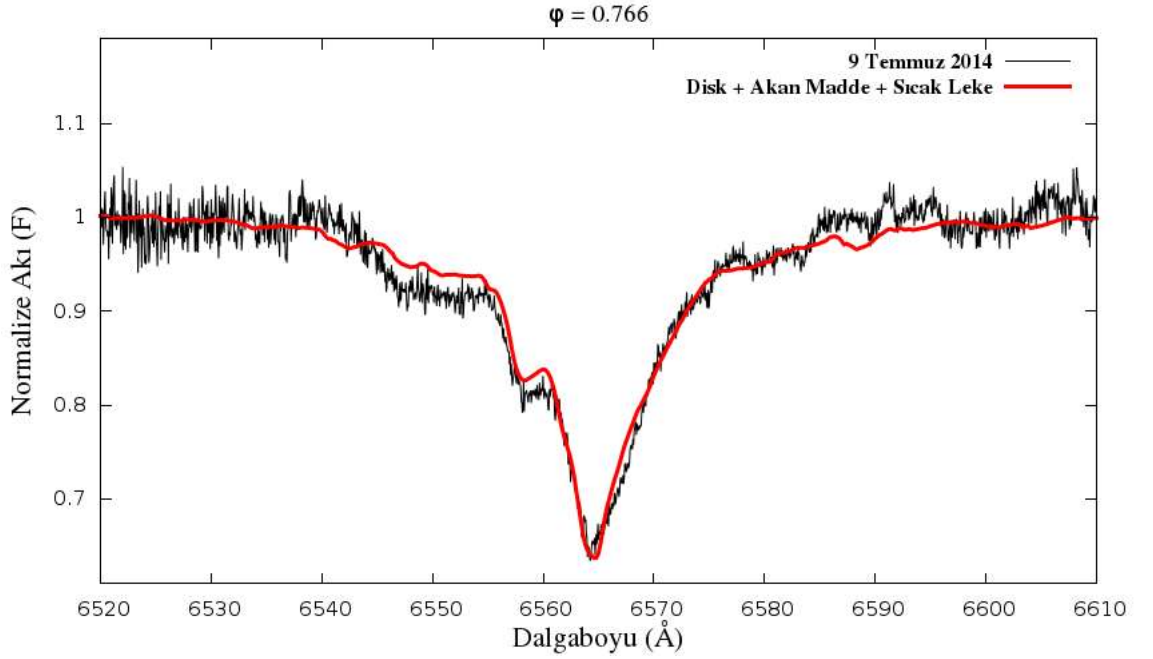
Şekil 4.12. i) U Sge sisteminin $\varphi = 0.734$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



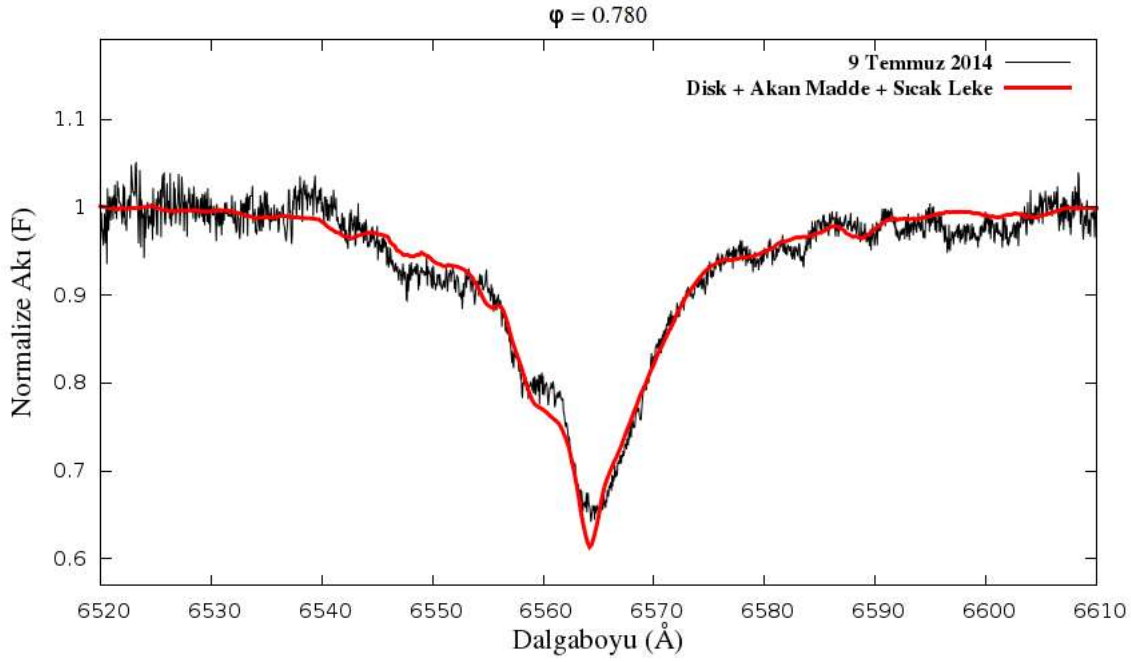
Şekil 4.12. i) U Sge sisteminin $\varphi = 0.744$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



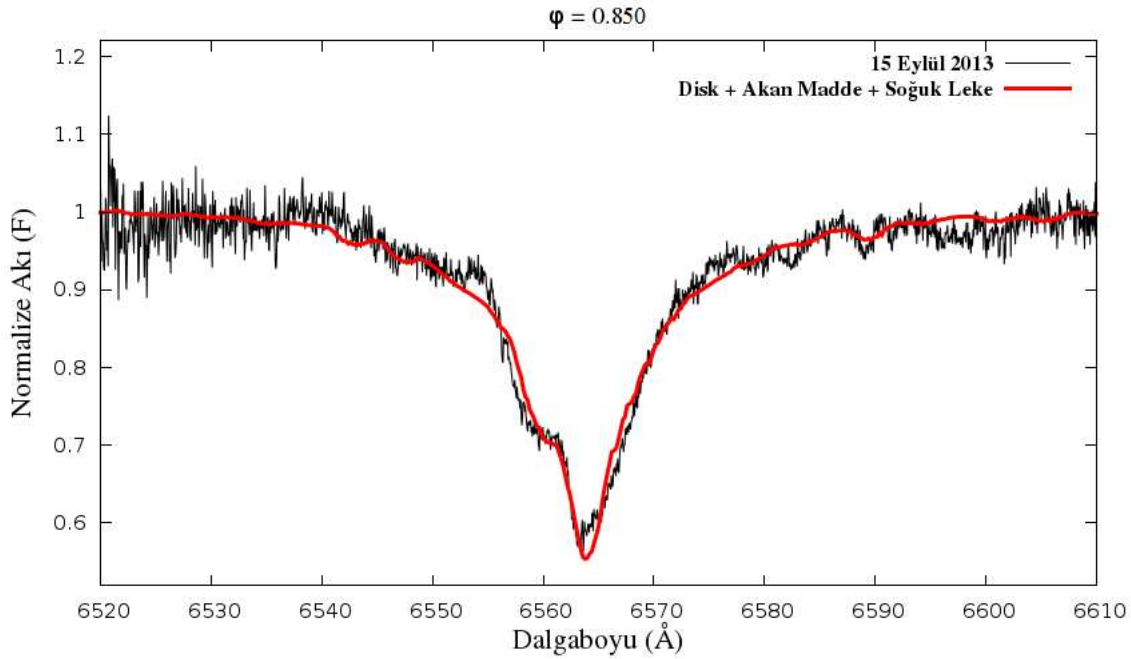
Şekil 4.12. j) U Sge sisteminin $\phi = 0.752$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



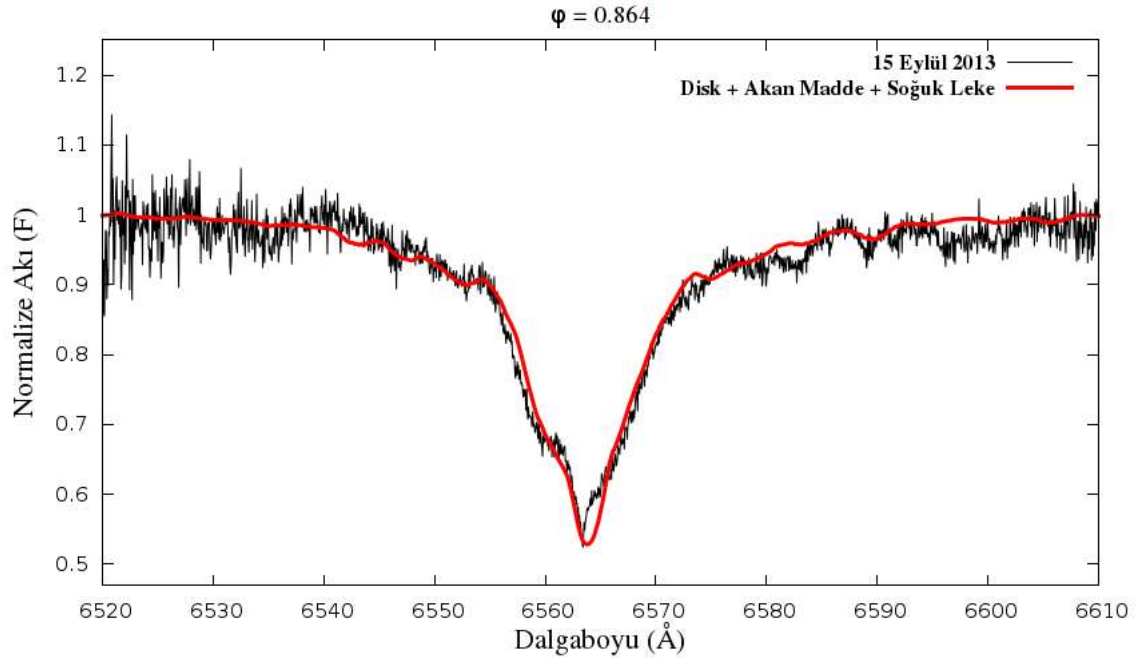
Şekil 4.12. k) U Sge sisteminin $\phi = 0.766$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



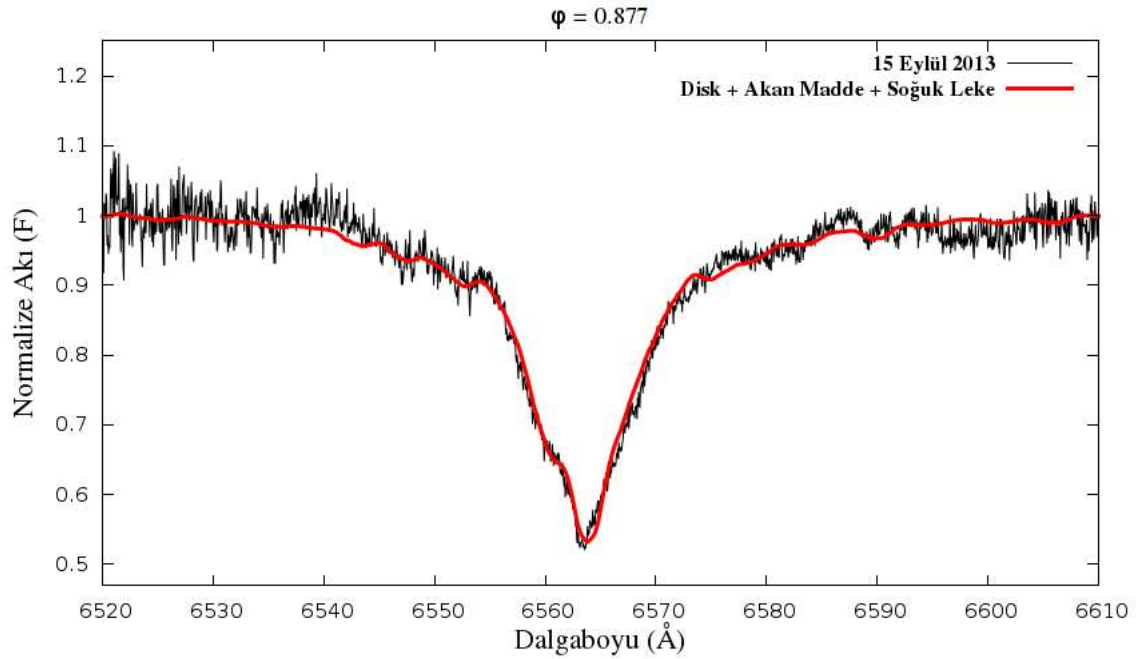
Şekil 4.12. l) U Sge sisteminin $\phi = 0.780$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



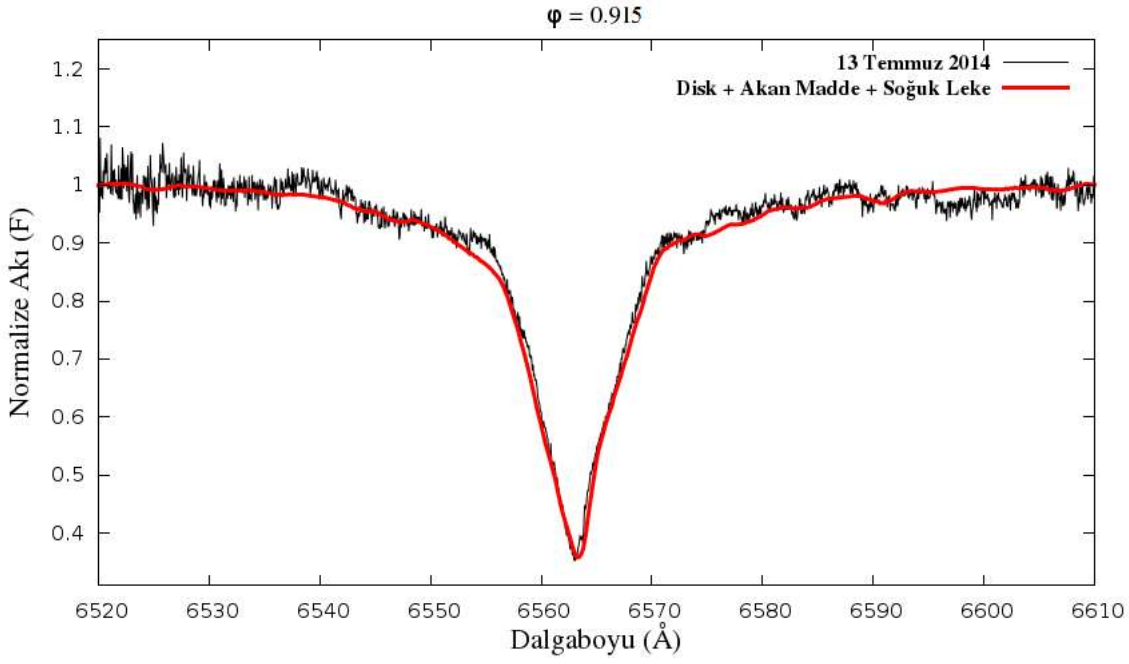
Şekil 4.12. m) U Sge sisteminin $\phi = 0.850$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



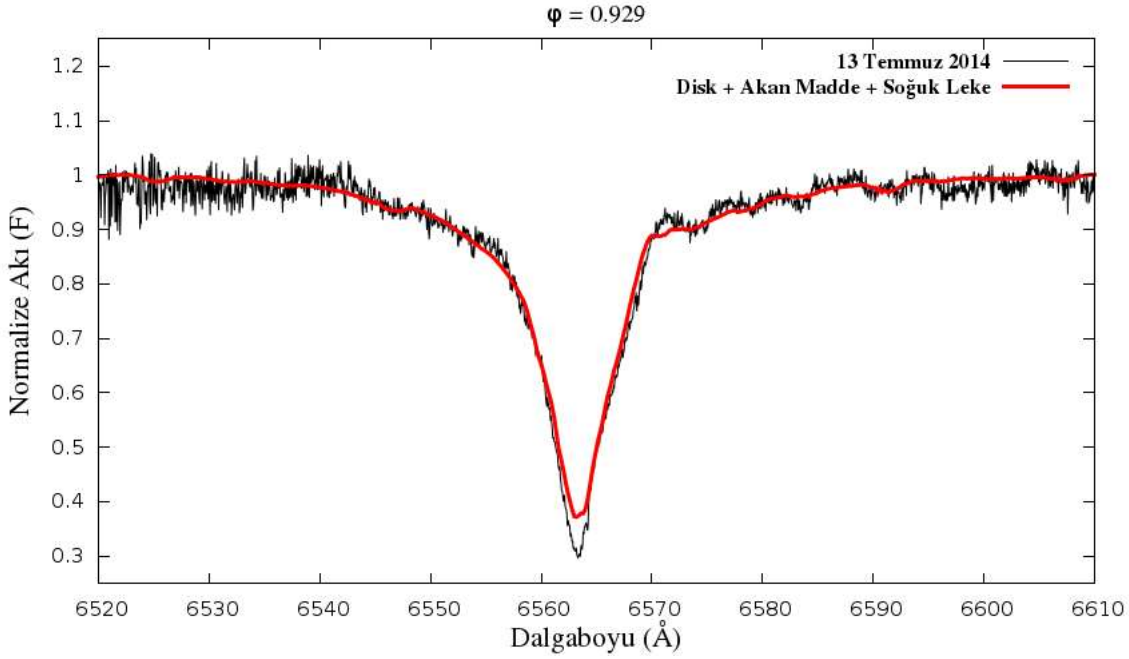
Şekil 4.12. n) U Sge sisteminin $\phi = 0.864$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



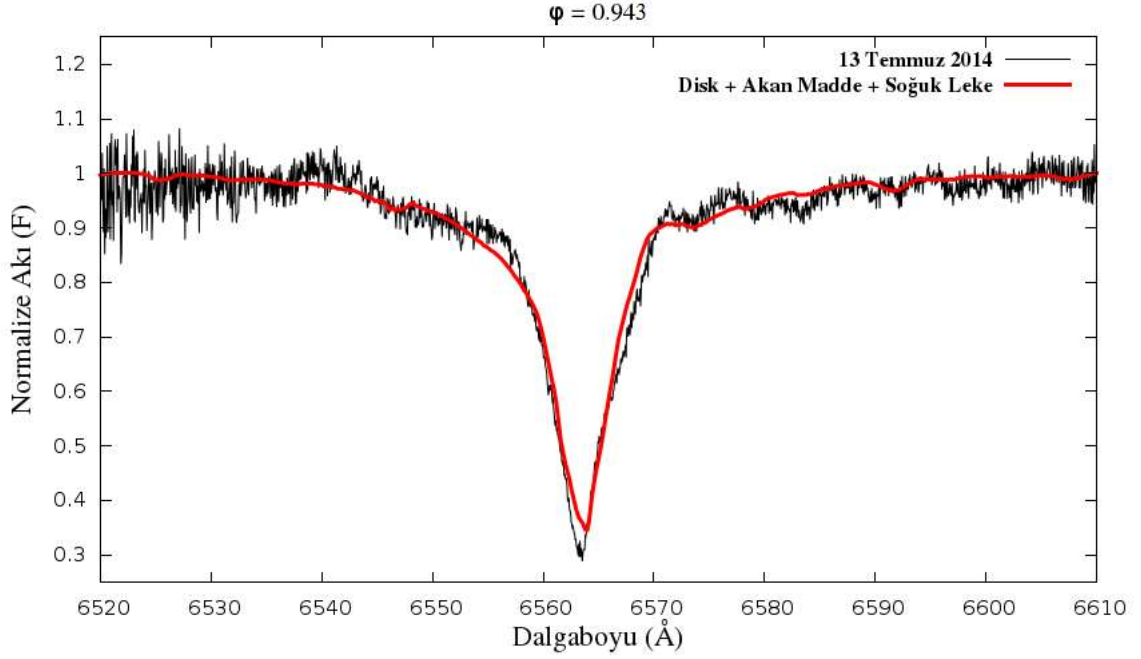
Şekil 4.12. o) U Sge sisteminin $\phi = 0.877$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



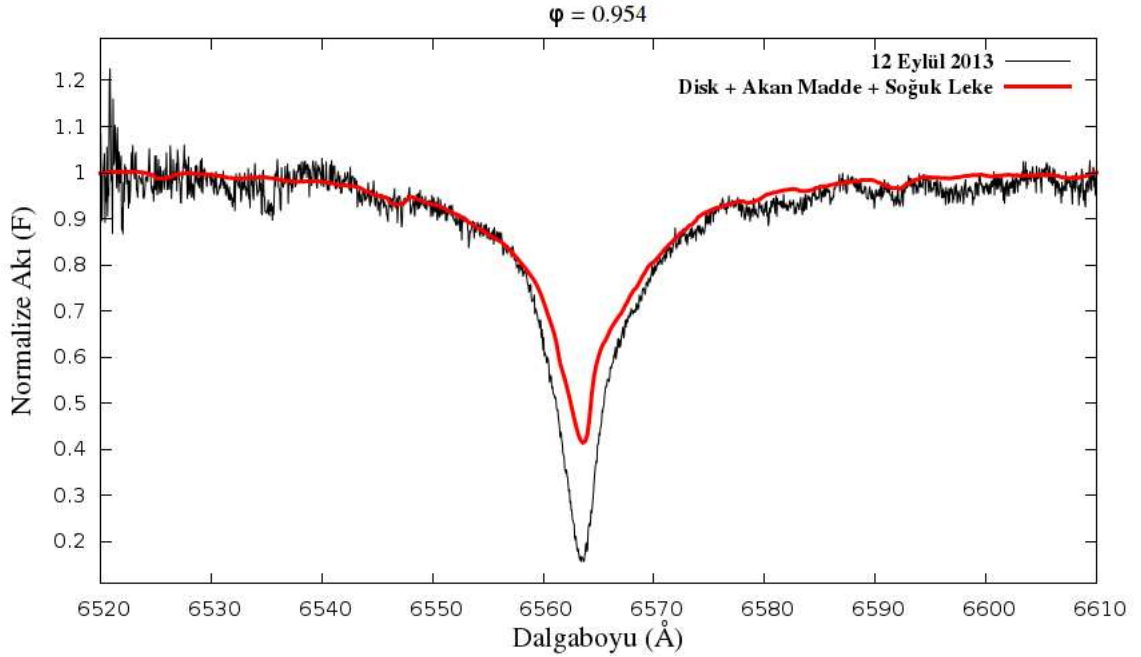
Şekil 4.12. ö) U Sge sisteminin $\phi = 0.915$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



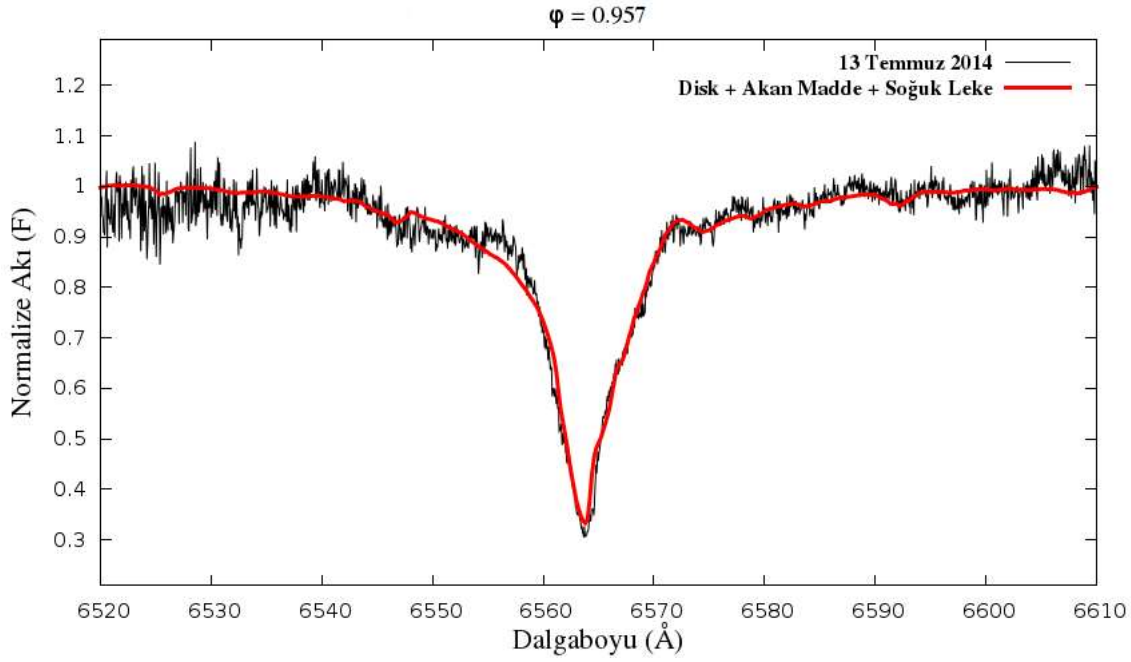
Şekil 4.12. p) U Sge sisteminin $\phi = 0.929$ evrede gözlenen H_{α} çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



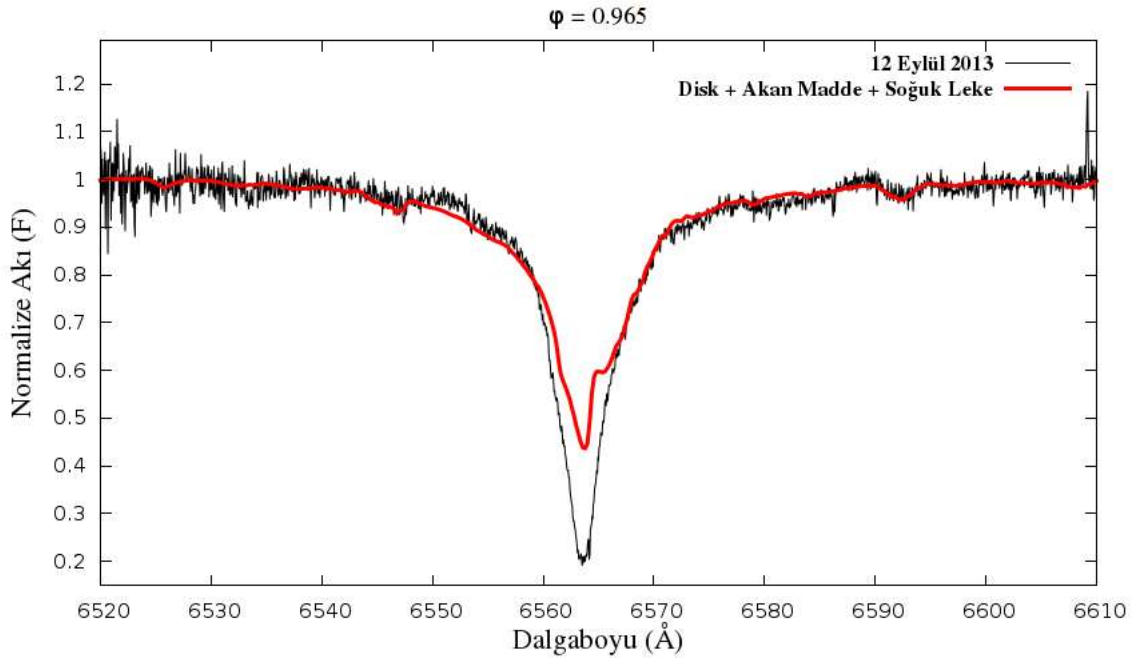
Şekil 4.12. r) U Sge sisteminin $\phi = 0.943$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



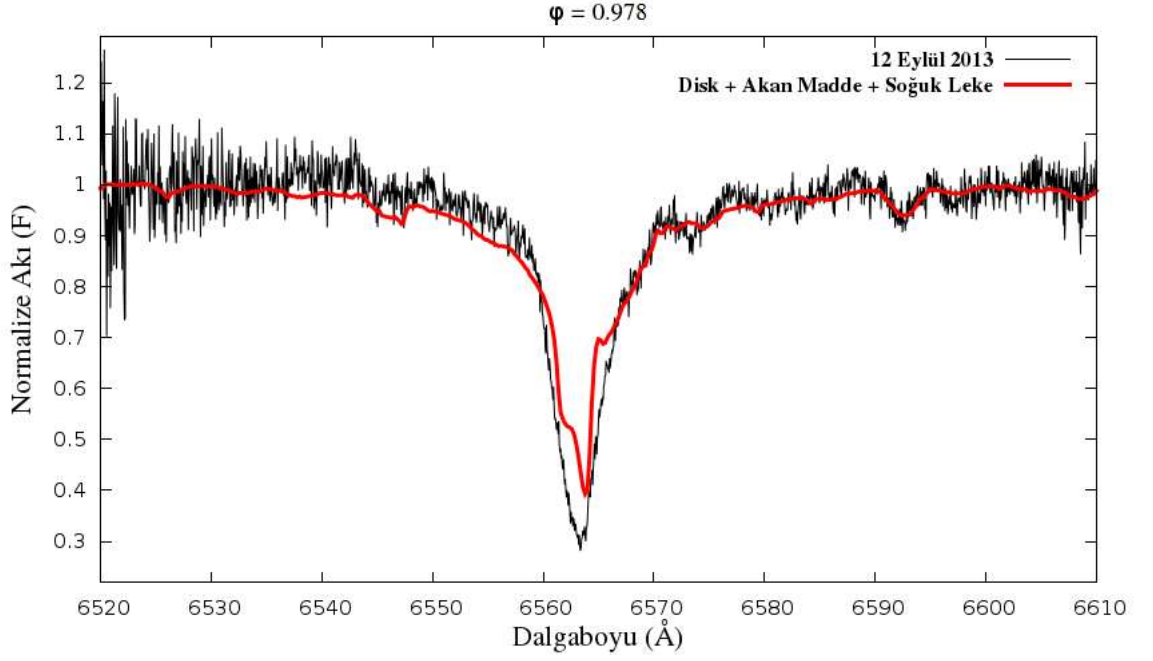
Şekil 4.12. s) U Sge sisteminin $\phi = 0.954$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



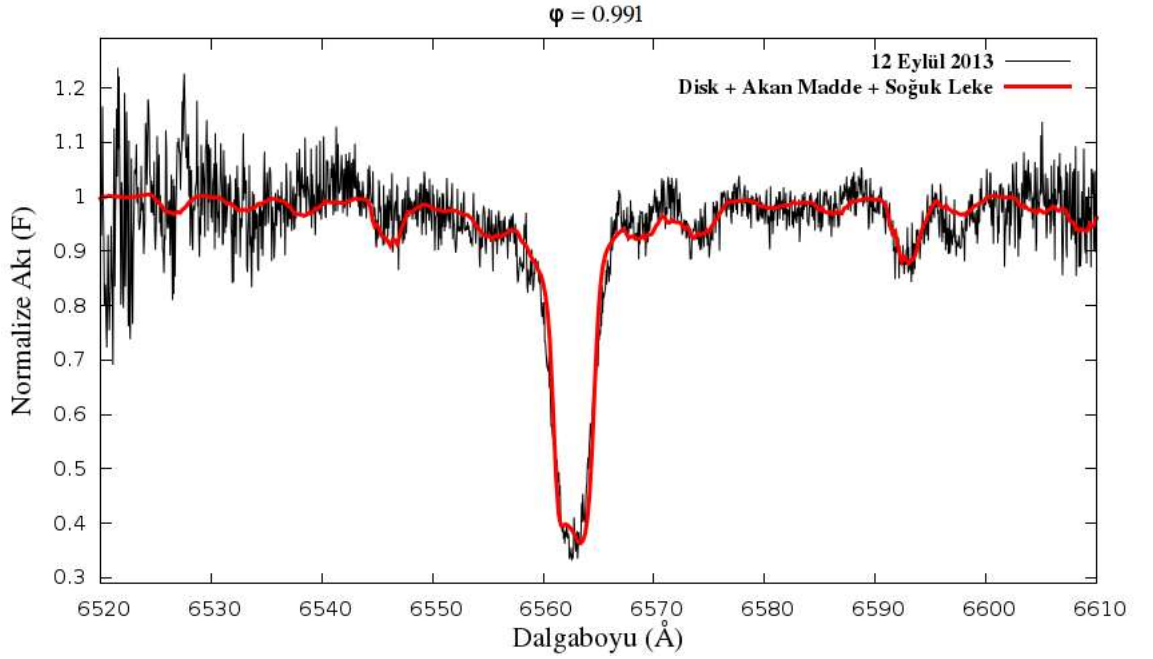
Şekil 4.12. ş) U Sge sisteminin $\varphi = 0.957$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



Şekil 4.12. t) U Sge sisteminin $\varphi = 0.965$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



Şekil 4.12. u) U Sge sisteminin $\phi = 0.978$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)



Şekil 4.12. ü) U Sge sisteminin $\phi = 0.991$ evrede gözlenen H_α çizgisi (siyah) ve bu çizgiye yapılan SHELLSPEC modeli (kırmızı)

5. SONUÇ

U Sge sisteminin $\phi = 0.0$ evresinde gözlenen tayfının 17 farklı dalgaboyu bölgesi için yoldaş bileşene ait model atmosferi ve sentetik tayfları oluşturulmuştur. Buna göre yoldaş bileşenin $T_e = 5500 \pm 50$ K, $\log g = 3.25 \pm 0.09$ cgs ve dönme hızı $V_2 \sin i = 80 \pm 5$ km s⁻¹ olarak belirlenmiştir. Yoldaş bileşenin senkronize dönme hızı da $V_{\text{senk2}} = 80 \pm 5$ km s⁻¹ olarak hesaplanmıştır, buna göre yoldaş bileşen senkronize dönmektedir.

U Sge sisteminin tayfsal yörünge parametrelerinin belirlenmesi amacıyla dikine hız eğrilerinin elde edilmesinde iki farklı yöntem (gaussian fonksiyonu fit edilmesi ve tayfin bileşenlere ayrıştırılması) kullanılmıştır. Sistemde yoldaş bileşenin ışık katkısı ~ %6 olduğundan gaussian fiti ile doğrudan dikine hızların okunmasında yoldaş bileşene ait dikine hız verisi elde edilememiştir. Ancak KOREL programı ile yoldaş ve baş bileşene ait dikine hızlar elde edilerek sistemin yörünge parametreleri belirlenmiştir. Ayrıca KOREL programı analiz sonunda sistemin bileşenlerinin ayıklanmış tayflarını da vermektedir. Bu programla tayfin bileşenlerine ayrıştırılması analizi yapılırken her iki bileşenin her bir gözlem tayfının, gözlenen evrelerdeki ışık katkıları da göz önüne alınırsa çözüm sonucunda ayrıştırılmış tayflar bileşenlere ait tayflar olur. Dolayısıyla, bu tayflar için oluşturulacak olan sentetik tayfların parametreleri o yıldızın atmosfer parametreleri olur. Elde edilen tayflarda 53. échelle tayf bölgesi (4471.48 Å He I ve 4481.33 Å Mg II) KOREL uygulaması için seçilmiştir. Bu tayf bölgesindeki bileşenlerin ışık katkılarını belirlemek için McNamara ve Feltz (1976) tarafından verilen ışık eğrilerinden Strömgen *b* filtresindeki ($\lambda_{\text{etkin}} = 4670$ Å) ışık eğrisi yeniden analiz edilmiştir. Sonuç olarak, baş bileşenin $T_e = 12250 \pm 50$ K, $\log g_1 = 4.00 \pm 0.06$ cgs ve dönme hızı $V_1 \sin i = 80 \pm 5$ km s⁻¹ olarak belirlenmiştir. Işık eğrisi analizi sonucu bulunan yörünge eğikliği, *i*, değeri $89^\circ \pm 1$ alınarak baş bileşenin senkronize dönme hızı $V_{\text{senk1}} = 61 \pm 5$ km s⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla baş bileşen senkronize dönmeden biraz daha hızlı döndüğü bulunmuştur. Baş bileşenin senkronize dönmeden daha hızlı dönmesi kütle aktarımının bir sonucu olan kırbaçlama etkisinden kaynaklanmaktadır.

Albright ve Richards (1995), U Sge sistemindeki geçici toplanma diskinin günlük zaman ölçeğinde değişmediğini, ancak haftalık zaman ölçeğinde önemli ölçüde değişken olduğunu gözlemişlerdir. U Sge'nin 2013 – 2014 yıllarında elde ettiğimiz tayfları, bir yörünge çevriminde bile değişkenlik gösteren diskin modellenmesi açısından önemli olmaktadır. Modellemenin yapılabilmesi için bileşenlerin tayfa olan ışık katkılarının dolayısıyla bileşenlerin mutlak parametrelerinin duyarlı olarak belirlenmiş olması gerekmektedir. Işık ve dikine hız eğrilerinin çözümünden bileşenlerin kütleleri baş ve yoldaş bileşen için sırasıyla $M_1 = 5.7 \pm 0.45 M_\odot$ ve $M_2 = 1.91 \pm 0.31 M_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Çiftin bileşenlerinin merkezleri arası uzaklık $a = 18.3 \pm 0.5 R_\odot$ 'dir. Bileşenlerin sıcaklıkları baş ve yoldaş bileşen için sırasıyla B7-8 tayf türünden bir anakol ve G2 tayf türünden bir dev yıldız karşılık gelmektedir. Bileşenlerin mutlak ışıtmaları ve uzaklık modülünü kullanarak U Sge için fotometrik uzaklık $d = 240 \pm 30$ pc olarak belirlenmiştir.

U Sge sisteminin H_{α} tayflarının modellenmesinde bileşenlerin oluşturulan sentetik tayfları ve elde edilen mutlak parametreleri kullanılmaktadır. Yapılan modellerde U Sge sisteminin baş bileşeni etrafında yoldaş bileşenden akan maddenin, bu maddenin bileşene çarptığı bölgenin ve bileşen etrafında toplanan maddenin katkısı bulunmaktadır. Sistemde yoldaş bileşenin G tayf türünden olması, bu bileşenden kaynaklanan özellikle H_{α} çizgisinde görülen soğuk yıldız aktivite etkilerinin de gözönüne alınmasını gerektirmektedir. Bilindiği gibi geç tür yıldızlarda lekeler, manyetik ilmekler ve kromosferik aktivite bu yıldızların H_{α} çizgisinde salma ve ek soğurmalara neden olmaktadır. Ayrıca, bu etkiler tayfların alındığı iki yıl içerisinde de değişkenlik sergilemektedir. Buna göre sistemde disk, akan madde, çarpma bölgesi (sıcak leke) ve yoldaş bileşenin aktivitesinin katkısı bulunmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- ALBRIGHT, G.E. and RICHARDS, M.T. 1993. Circumstellar Material in TX Ursae Majors. *Astrophysical Journal*, 414: 830-845.
- ALBRIGHT, G.E. and RICHARDS, M.T. 1995. The Transient Accretion Disk in the Algol-type Binary U Sagittae. *Astrophysical Journal*, 441: 806-820.
- BAKIS, V. 2015. Young Eccentric Binary KL CMa Revisited in the Light of Spectroscopy. *New Astronomy*, 40: 14-19.
- BAKIS, V., BAKIS, H., EKER, Z. and DEMIRCAN, O. 2007. η Muscae: A Young Detached Binary with Two Identical Components. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 382: 609-320.
- BAKIS, H., BAKIS, V., DEMIRCAN, O. and EKER, Z. 2008. The Early-Type Semi Detached Binary System V716 Centaurus. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 385: 381-390.
- BAKIS, H., BAKIS, V., EKER, Z. and DEMIRCAN, O. 2016. Active Binary R Arae Revisited: Bringing the Secondary Component to Light and Physical Modelling of the Circumstellar Material. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 458: 508-516.
- BUDAJ, J. and RICHARDS, M.T. 2004. A Description of the Shellspec Code. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 34: 167-196.
- CESTER, B. and PUCILLO, M. 1972. Photoelectric Light-Curves and Elements of U Sge. *Memorie della Società Astronomia Italiana*, 43: 501-521.
- CRAWFORD, J.A. 1955. On the Subgiant Components of Eclipsing Binary Systems. *Astrophysical Journal*, 121: 71-76.
- DOBIAS, J.J. and PLAVEC, J. 1985. IUE and Optical Spectral Scans of U Sagittae - An Analysis and Comparison with U Cephei. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 97: 138-150.
- ETZEL, P.B. 1988. Spectrophotometry of Eclipsing Binary Stars. L. Davis Press, New York, 79 p.
- HADRAVA, P. 1995. Orbital Elements of Multiple Spectroscopic Stars. *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 114: 393-396.
- HADRAVA, P. 2004. Disentangling of Spectra of Multiple Stars. *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 318: 86-94.

- HALL, D.S. 1972. A T Tauri-Like Star in the Eclipsing Binary RS Canum Venaticorum. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 84: 323-333.
- HILDITCH, R.W. 2001. An Introduction To Close Binary Stars. Cambridge University Press, Cambridge, 392 p.
- HUANG, S.S. and STRUVE, O. 1956. The Radii and Masses of Eclipsing Binary Stars. *Astronomical Journal*, 61: 300-309.
- JOY, A.H. 1930. A spectrographic study of U Sagittae. *Astrophysical Journal*, 71: 336-350.
- JOY, A.H. 1942. Observations of RW Tauri at Minimum Light. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 54: 35-37.
- KAITCHUCK, R.H. and HONEYCUTT, R.K. 1982a. Time-Resolved Spectroscopy of the Accretion Disk in RW Tauri. *Astrophysical Journal*, 258: 224-235.
- KAITCHUCK, R.H. and HONEYCUTT, R.K. 1982b. A Survey for Gaseous Disks in Short-Period Algol Systems During Primary Eclipse. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 94: 532-536.
- KAITCHUCK, R.H., HONEYCUTT, R.K. and SCHLEGEL, E.M. 1985. A Survey for Transient Accretion Disks in Short-period Algol Systems II. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 97: 1178-1185.
- KHAN, M.A. and BUDDING, E. 1986. Photometry and Discussion of the Classical Algol Systems U Sge and U Cep. *Astrophysics and Space Science*, 125: 219-242.
- KOPAL, Z. 1955. The Classification of Close Binary Systems. *Annales d'Astrophysique*, 18: 379-428.
- KRAMIDA, A., RALCHENKO, Y., READER, J. and NIST ASD Team 2015. NIST Atomic Spectra Database Online (version 5.3). <http://physics.nist.gov/asd>
- KREINER, J.M. and ZIOLKOWSKI, J. 1978. Period Changes and Evolutionary Status of 18 Algol-type Systems. *Acta Astronomica*, 28: 497-543.
- KREINER, J.M. 2004. Up-to-Date Linear Elements of Eclipsing Binaries. *Acta Astronomica*, 54: 207-210.
- KUIPER, G.P. 1941. On the Interpretation of β Lyrae and Other Close Binaries. *Astrophysical Journal*, 93: 133-177.
- KURUCZ, R.L. 1993. SYNTHE Spectrum Synthesis Programs and Line Data, Kurucz CD-ROM. MA: Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge.

- LINSKY, J.L. 1985. Nonradiative Activity Across The H-R Diagram - Which Types of Stars Are Solar-Like? *Solar Physics*, 100: 333-362.
- LUBOW, S.H. and SHU, F.H. 1975. Gas Dynamics of Semidetached Binaries. *Astrophysical Journal*, 198: 383-405.
- LUBOW, S.H. and SHU, F.H. 1976. Gas Dynamics of Semidetached Binaries II- The Vertical Structure of the Stream. *Astrophysical Journal*, 207: 53-55.
- LUCY, L.B. 1967. Gravity-Darkening for Stars with Convective Envelopes. *Zeitschrift für Astrophysik*, 65: 89-92.
- MANZOORI, D., JASSUR, D.M. and KERMANI, M.H. 2006. Photometric Study of Eclipsing Binary U Sagittae. *Astrophysics and Space Science*, 302: 145-151.
- MANZOORI, D. 2008. Further Confirmations of Mass Transfer in Algol Type Binary U Sagittae. *Astrophysics and Space Science*, 313: 339-344.
- McCLUSKEY, G.E., McCLUSKEY, C.P.C. and KONDO, Y. 1991. IUE Investigation of Mass Flow in the Interacting Binary U Sagittae. *Astrophysical Journal*, 378: 281-285.
- McNAMARA, D.H. 1951a. The Spectrum of U Sagittae at Minimum Light. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 63: 38-39.
- McNAMARA, D.H. 1951b. The Eclipsing Binary U Sagittae. *Astrophysical Journal*, 114: 513-521.
- McNAMARA, D.H. and FELTZ, K.A. 1976. A Photometric Study of the Eclipsing Binary U Sagittae. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 88: 688-698.
- MILLER, B., BUDAJ, J., RICHARDS, M., KOUBSKÝ, P., PETERS, G.J. 2007. Revealing the Nature of Algol Disks Through Optical and UV Spectroscopy, Synthetic Spectra, and Tomography of TT Hydrae. *Astrophysical Journal*, 656: 1075-1091.
- NELDER, J.A. and MEAD, R. 1965. A Simplex Method for Function Minimization. *Computer Journal*, 7: 308-313.
- OLSON, E.C. 1985. Photometry of active Algols. D. Reidel Publishing Company, pp. 127-154, Dordrecht.
- OLSON, E.C. 1987. Photometric Solutions and the Rate of Mass Transfer in U Sagittae. *Astronomical Journal*, 94: 1043-1050.

- OLSON, E.C. and BELL, D.J. 1989. Non-LTE Effects in Streams and Mass Transfer Rates in Three Eclipsing Binaries. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 101: 907-916.
- OZKARDES, B., ERDEM, A. and BAKIS, V. 2009. A W UMa Type System from Southern Hemisphere: CN Hydri. *New Astronomy*, 14: 461-466.
- PETERS, G.J. 1980. High Resolution UV Observations of Algol Type Interacting Binary Systems. *IUE Proposal*, 492 p.
- PETERS, G.J. 1989. The H-alpha Emitting Regions of the Accretion Disks in Algols. *Space Science Reviews*, 50: 9-22.
- PETERS, G.J. and POLIDAN, R.S. 1984. Evidence For a High Temperature Accretion Region in Algol-Type Binary Systems. *Astrophysical Journal*, 283:745-759.
- PLAVEC, M. and POLIDAN, R.S. 1976. The Algols, Red Spectra, BE Stars, and Even Neutrinos. *IAU Symposium*, 73: 289-302.
- POLIDAN, R.S. and PETERS, G.J. 1982. Observation of Mass Accretion in Binary Stars. *Advances in Ultraviolet Astronomy: Four Years of IUE Research. NASA Conference Proceedings*, 2238: 534-537.
- RICHARDS, M.T. 1990. The RS Canum Venaticorum Characteristics of the Infrared Light Curves of Algol. *Astrophysical Journal*, 350: 372-385.
- RICHARDS, M.T. 1992. Consequences of the Star-Stream Interaction in Algol. *Astrophysical Journal*, 387: 329-339.
- RICHARDS, M.T. 2000. The Journey to Algol. *Mercury*, 29: 34.
- RICHARDS, M.T. 2001. Doppler Tomography of Eclipsing and Non-eclipsing Algols. *Lecture Notes in Physics*, 573: 276-300.
- RICHARDS, M.T. 2003. Images of Active Mass Transfer in Direct Impact Close Binary Systems. *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 293: 120-124.
- RICHARDS, M.T. 2004. Doppler Tomography of Algols. *Astronomische Nachrichten*, 325: 229-232.
- RICHARDS, M.T. and ALBRIGHT, G.E. 1993. Evidence Of Magnetic Activity In Short Period Algol Binaries. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 88: 199-204.
- RICHARDS, M.T. and ALBRIGHT, G.E. 1994. Full-Orbit Spectroscopy of Nine Short-Period Algols. *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 56: 393-396.

- RICHARDS, M.T., JONES, R.D. and SWAIN, M.A. 1996. Doppler Tomography and S-Wave Analysis of Circumstellar Gas in Beta Persei. *Astrophysical Journal*, 459: 249-258.
- RICHARDS, M.T. and ALBRIGHT, G.E. 1999. Morphologies of Halpha Accretion Regions in Algol Binaries. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 123: 537-626.
- RICHARDS, M.T., COCKING, A.S., FISHER, J.G. and CONOVER, M.J. 2014. Images of Gravitational and Magnetic Phenomena Derived from Two-dimensional Back-projection Doppler Tomography of Interacting Binary Stars. *Astrophysical Journal*, 795: 160-178.
- RUCINSKI, S.M. 1969. The Proximity Effects in Close Binary Systems. II. The Bolometric Reflection Effect for Stars with Deep Convective Envelopes. *Acta Astronomica*, 19: 245-255.
- SARNA, M.J. and de GREVE, J.P. 1994. Evolutionary Status of U Sagittae. *Astronomy and Astrophysics*, 281: 433-443.
- SELAM, S.O. and DEMIRCAN, O. 1999. Cyclic of the Orbital Period Variations of Some Algol-Type Binaries. *Turkish Journal of Physics*, 23: 301-311.
- SCHWAB, F. 1901. Neuer Veränderlicher 93.1901 Sagittae vom Algoltypus. *Astronomische Nachrichten*, 157: 79.
- STERN, R.A., UCHIDA, Y. and NAGASE, F. 1992. Ginga Observation of X-Ray Flares on Algol. *Astrophysical Journal*, 400: 321-329.
- STRAIZYS, V. and KURILIENE, G. 1981. Fundamental Stellar Parameters Derived from the Evolutionary Tracks. *Astrophysics and Space Science*, 80: 353-368.
- STRUVE, O. 1948. Spectrographic Studies of Eclipsing Binaries. *Harvard Observatory Monographs*, 7: 211-230.
- STRUVE, O. 1949. Spectroscopic Binaries (George Darwin Lecture). *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 109: 487-506.
- TOMKIN, J. 1979. Secondaries of Eclipsing Binaries. II-U Sagittae. *Astrophysical Journal*, 231: 495-501.
- TOUT, C.A. and EGGLETON, P.P. 1988. Tidal Enhancement by a Binary Companion of Stellar Winds From Cool Giants. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 231: 823-831.
- van HAMME, W. and WILSON, R.E. 1986. The Asynchronously Rotating Algol Binaries U Sagittae and RY Persei. *Astronomical Journal*, 92: 1168-1177.

- van HAMME, W. 1993. New Limb-darkening Coefficients for Modeling Binary Star Light Curves. *Astronomical Journal*, 106: 2096-2117.
- van den OORD, G.H.J., MEWE, R. and BRINKMAN, A.C. 1988. An EXOSAT Observation of an X-Ray Flare and Quiescent Emission From The RS Cvn Binary Sigma2 Crb. *Astronomy and Astrophysics*, 205: 181-196.
- VESPER, D., HONEYCUTT, K. and HUNT, T. 2001. Survey of H α Mass Transfer Structures in Classical Algol-Type Binaries. *Astronomical Journal*, 121: 2723-2736.
- WALTER, K. 1973. Photometric Effects of Gas Streams in Algol Systems and Their Influence on the Light Curves Outside of and Within Eclipses. *Astrophysics and Space Science*, 21: 289-305.
- WECHT, K. 2006. Determination of Mass Loss and Mass Transfer Rates of Algol (Beta Persei) from the Analysis of Absorption Lines in the UV Spectra Obtained IUE Satellite. Ph.D. Thesis, Lehigh University, 308p.
- WHITE, N.E. and MARSHALL, F.E. 1983. An X-ray Survey on Nine Algol Systems. *Astrophysical Journal*, 268: 117-120.
- WILSON, R.E. 1994. Binary-star Light Curve Models. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 106: 921-941.
- WILSON, R.E. and DEVINNEY, E.J. 1971. Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni. *Astrophysical Journal*, 166: 605-619.
- WOOD, F.B. 1946. The Eclipsing Variables AG Virginis, AR Lacertae, TX Ursae Majoris, VV Orionis, R Canis Majoris, SV Camelopardalis, ST Persei, RY Persei, VZ Hydrae. *Contributions from the Princeton University Observatory*, 22: 1-67.
- WYSE, A.B. 1934. A Study of the Spectra of Eclipsing Binaries. *Lick Observatory Bulletin*, 464: 37-52.
- ZEILIK, M. and GREGORY, S.A. 1998. Introductory Astronomy & Astrophysics. Harcourt College Publishers, 672 p.]

ÖZGEÇMİŞ



Özlem TAŞPINAR 1985 yılında Anamur'da doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Anamur'da tamamladı. 2007 yılında girdiği Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nden 2012 yılında Astronom olarak mezun oldu. Şubat 2013 - Temmuz 2016 yılları arasında, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı.