

BETA LYR SİSTEMİNDE, KOREL PROGRAMI YARDIMI İLE DİSKLİ BİLEŞENE AİT YENİ ÇİZGİLERİN KEŞFİ

Hasan AK¹, Petr HARMANEC², Pavel CHADIMA², Osman DEMİRCAN³

Özet

β Lyr sisteminin 1992-2003 yılları arasındaki 6300-6750 Å aralığını kapsayan uzun dönemli tayfları çalışılmıştır. Daha önceki çalışmalarda sistemin her iki bileşeninin radyal hızını elde etmek için sadece SiII $\lambda\lambda$ 6347, 6371 Å Çizgileri kullanılabiliyordu. Bu çalışmada β Lyr sisteminin her iki bileşenine ait çizgileri içeren başka bir tayfsal aralık bulunmuştur. Orijinal tayftaki FeII $\lambda\lambda$ 6456, 6482 ve 6516 Å çizgileri, KOREL programı kullanarak bileşenlerine ayrılabilmiştir. 6456 ve 6516 Å çizgileri sadece soğurma halinde bulunurken diğer çizgi aynı SiII çizgileri gibi geniş bir salma üzerine binmiş soğurma şeklinde görülmektedir. Kütle kazanan bileşene ait çizgiler daha önceki çalışmalarda hep salma veya salma üzerine binmiş soğurma olarak gözlenirken burada ilk defa soğurma çizgileri belirlenmiştir. Bu yeni elde edilmiş çizgilerin radyal hız ölçümlerinden yörünge parametreleri belirlenmiştir. Belirlenen yörünge parametreleri ufak değişiklikler ile beraber öncekiler ile uyum içindedir.

Anahtar Kelimeler: salma çizgileri, soğurma çizgileri, tayfsal ayırım, bileşen tayfları, β Lyr sistemi

Abstract

Long-term spectral observations covering 6300-6750 Å, between 1992-2003 period, of β Lyr system were studied. In previous works in literature, only SiII $\lambda\lambda$ 6347, 6371 Å lines have been used to get radial velocity curve of both components of the system. We found another spectral part which contains both component lines in β Lyr system. FeII $\lambda\lambda$ 6456, 6482 and 6516 Å lines became possible to be separated into the components by using KOREL code. Two lines (6456 and 6516 Å) were found as an absorption but the other line appears as an absorption superimposed on a wider emission. Contrary to the previous works where the lines from the main sequence component appearing in emission, the absorption lines from the main sequence component in β Lyr system were detected in this study the first time. The orbital parameters were determined from the radial velocity measurements of these newly discovered lines. Determined orbital parameters are in agreement with previous determinations, but with some change.

Keywords: emission lines, absorption lines, spectral disentangling, component spectra, β Lyr system

¹ Erciyes Üniversitesi Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 38039 Kayseri, hasanak_1453@yahoo.co.uk

² Astronomical Institute of the Charles University, V Holesovickach 2, CZ-180 00 Prague 8, Czech Republic, hec@pleione.asu.cas.cz

³ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Çanakkale demircan@comu.edu.tr

1. Giriş

β Lyrae (10 Lyr, HD 174638, HR 7106, Hip 92420), kuzey yarım kürede gözlenebilen Lyra takımyıldızının en parlak ikinci yıldızıdır. Yıldız, yüzyıllardır değişik uygarlıklar tarafından bilinmiş ve farklı isimler almıştır: Eski Çin’de Tien-Tchaj olarak bilinen yıldız, Araplarda Sheliak (bu muhtemelen Farsça Shalyak=kaplumbağadan gelmektedir) diye isimlendirilmiştir. 1784’te John Goodricke, β Lyrae’nin ilk ışık azalmasını kaydetmiş ve daha sonra dönemi 13 günden biraz az olan bir dönemli değişen olduğunu bulmuştur [1]. Böylece β Lyrae, Algol’den sonra örten çift olarak keşfedilen ikinci yıldız olmuştur. Secchi [2], görsel bir tayf çeker ile alınmış 1866 yılı yıldız tayfi gözlemlerini yayınladığında, β Lyr’in tayfında diğer yıldızlarda bulunan normal soğurma çizgi tayfına ek olarak görülen H β salmasının olduğunu rapor etmiştir. Böylece β Lyr, bilinen ilk Be yıldızı olmuştur.

Gökyüzünde çıplak gözle bakıldığında görülen β Lyr aslında 6 optik bileşenden oluşmaktadır (A, B, C, D, E, ve F bileşenleri). Ancak bunlardan sadece B ve F bileşenleri β Lyr A’ya (β Lyr olarak bilinen çiftin kendisi) fiziksel olarak bağlıdır. β Lyr sistemi bizden 270 ± 39 pc uzaktadır [3].

Çift, bir erken B anakol ve bir B6-8 tayf türünden parlak devden oluşmaktadır. Yörünge dönemi yılda 19 s kadar artmaktadır. Dönemin değeri, 1784’te $12^s.893$ iken bu yıllarda $12^s.94$ civarındadır. Bu, dev yıldızın kritik Roche lobunu doldurması ve anakol yıldızına doğru gaz madde göndermesi gerçeğiyle ilişkilidir. Dev yıldız, temel olarak sinüsel olan fakat açıkça dönme etkisi gösteren iyi belirlenmiş bir RV eğrisine sahiptir. Anakol yıldızı kalın bir yığılma diski tarafından tamamen gizlenmiştir. Bu yıldız muhtemelen dönme nedeniyle küresellikten sapmıştır ancak şekli ile ilgili doğrudan hiç bir kanıtımız yoktur. Sadece daha az karmaşık sistemlere benzerliğinden, anakol yıldızının belirlenen kütleline uygun olarak, temelde erken tür bir B yıldızı olduğu sonucuna varmak mümkündür. Yüksek ayırma güçlü tayflara dayanan tahminleri dikkate alarak ([4], [5], [6]), çiftin bileşenlerinin yörünge hareketini temsil eden hızların yarı-genlikleri,

$$K1=42.0 \text{ km s}^{-1} \quad \text{ve} \quad K2=186.3 \text{ km s}^{-1}$$

olarak alınabilir. Bu,

$$a_1 \sin i=10.74 R_{\odot}, \quad M_1 \sin^3 i=13.0 M_{\odot}$$

$$a_2 \sin i=47.64 R_{\odot}, \quad M_2 \sin^3 i=2.93 M_{\odot}$$

demektir. Dünyadan bakıldığında çift hemen hemen kenardan (ekvator-on, yani eğim açısı 90° ’ye yakın) görülmektedir. Yörünge eğiminin ışık eğrisi modeline dayanan, muhtemelen şu anki en iyi tahmini $i = 86^\circ$ ’dir ([7], [8]). Bu, daha önce, Wilson ve Lapaset [9] tarafından yapılan 85° ’lik belirleme ile de uyumludur. Bu eğim, bileşenler arasındaki uzaklığın

$$A=58.52 R_{\odot}$$

olmasını ve en olası temel fiziksel özelliklerin Tablo 1.'deki gibi olmasını gerektirir. Dev yıldızın yarıçapını, ilgili Roche lobunun boyutları belirlemektedir. Dev yıldız için dönme-dolanma kilitlenmesinin gerektirdiği $v \sin i = 57.4 \text{ km s}^{-1}$ değeri doğrudan belirlenen değerler aralığındadır. Anakol yıldızı etrafındaki Roche lobunun ekvatoryal yarıçapı (iki bileşeni birleştiren çizgiye dik) $30.3 R_{\odot}$ 'tir.

β Lyr'in gözlenen tayfının karmaşıklığı, yıldızı çevreleyen maddenin iki baskın yapısının varlığından kaynaklanmaktadır: Anakol yıldızı etrafındaki yığılma diski ve yörünge düzlemine dik jet-benzeri yapılar [5] ile diskteki gaz akımı etkileşimlerinin bir bölgesinden kaynaklanan yapılar.

Disk, muhtemelen boşlanabilir bir kütleyle sahiptir, ancak süreklilikte bir tür pseudofotosfer (sanki-fotosfer) gibi davranan, optik olarak kalın bir yapıdadır. Doğrudan gözlenebilen kenarı, nispeten soğuktur ve bize biraz A5III tayfı gibi görünmektedir. Diskin ışınım enerjisi kısmen yığılan maddeden gelirken, anlamlı bir miktarı da merkezi yıldızın ışınımının diskte soğrulup yeniden salınmasından gelmelidir. Ayrıca disk, anakol yıldızının ışınımını yörünge düzleminden uzakta yeniden yaymakta ve bu da onun külesine göre daha az parlak görünmesine neden olmaktadır. Anakol yıldızının doğrudan gözlenemiyor olması gerçeği, diskin yörünge düzlemine dik olarak kalınlığının en azından $6 R_{\odot}$ olmasını gerektirmektedir (en az anakol yıldızının yarıçapı kadar olması gerektiğinden). Disk, gözlenen ışık eğrisinin normal olmayan karakterinden sorumlu esas bileşendir.

Tablo 1. β Lyr'in literatürde kabul gören son mutlak parametreleri

Parametre	Anakol yıldızı	Dev yıldız
Kütle (M_{\odot})	13.1	2.96
Yarıçap (R_{\odot})	6:	14.68
T_{et} (K)	28000:	13000
$v \sin i$ (km sn^{-1})	?	55 ± 10

Jet benzeri yapılar kesinlikle, iki yıldızı birleştiren çizgiye göre dengede olan bir alandan çıkmakta, ancak anakol yıldızının kutup bölgelerinden de güçlü sıcak bir rüzgar olmalıdır ve muhtemelen gözlemler üzerinde çok baskındır. Onlar, gözlenen çizgi salmasının çoğundan ve 20000 K veya daha fazla sıcaklıklara karşılık gelen maviye kaymış soğurma çizgilerinden sorumludur. Elektromanyetik tayfın UV ve IR/radyo kısmında, yörünge düzleminden uzak gaz madde, çiftten çok uzaklarda kendini gösterir ve bu dalga boylarında sürekli ışınım katkıda bulunur ve tutulma derinliklerinin görelî yer değiştirmesinden ve hatta uzak UV bölgelerde kademeli olarak birinci minimumun görünmemesinden sorumlu olmalıdır.

Bileşenler arasındaki gaz akımları, sistemin evrimleşmesinde ve bugünkü görünüşünde çok önemli bir rol oynasa da, pratik olarak onun boyutları ve ışınımı, Roche lobunu dolduran dev yıldız, disk ve jet-benzeri yapılar ile karşılaştırıldığında boşlanabilir olduğundan hala gözlenemez olarak kalmaktadır. Zaten akıntı, yörünge çevriminin büyük bir kısmı boyunca bu yapılar ve yıldızların kendisi tarafından örtülmektedir.

Şu anki β Lyr, şimdikinden çok daha kısa yörünge dönemli bir çiftten, büyük ölçekli kütle aktarımı ile evrimleşmiş bir sistemdir. Roche lobunu dolduran dev yıldız, başlangıçta daha kütleli olan bileşendir [10]. β Lyr ve klasik Algol türü yarı-ayrık çiftler arasındaki fark,

Algollerin, kütle aktarımının çok yavaş son safhasında (yaklaşık $10^{-9} M_{\odot}$ yıl⁻¹'lik tipik \dot{M} değerleri) olmasına rağmen, β Lyr hala $2 \times 10^{-5} M_{\odot}$ yıl⁻¹'lik yüksek bir kütle aktarım hızına sahip olan, hızlı kütle aktarım safhasının sonundaki bir sistemdir [10]. Buradan gelecekte β Lyr'in de bir klasik Algol olacağını söylemek pek yanlış olmaz. Bu yüksek kütle aktarımı, β Lyr'in etrafındaki maddenin, Algoller ile karşılaştırıldığında neden bu kadar olağanüstü olduğunu açıklar. İstatistik olarak bir çifti, kütle aktarımının süre olarak kısa olduğu hızlı safhada gözleme şansı, sürenin uzun olduğu yavaş safhadan çok daha küçük olduğu için β Lyr'e benzer sistemleri gözleyebilmek çok zordur.

Şüphesiz β Lyr gibi sistemlerin anlaşılmasında her iki bileşenin radyal hız eğrisinin elde edilmesi çok önemlidir. Ancak çoğu çift sistem için bu kolay değildir. Eğer bileşenler arasındaki parlaklık farkı çok fazla ise diğer bileşene ait çizgilerin tayfta görülmesi çok zorlaşır. Bazen de β Lyr örneğinde olduğu gibi, bileşenlerin birinin etrafında çok yoğun bir zarf (disk şeklinde) olabilir. Bu durumda zarf içinde gömülü yıldızın fotosferinden kaynaklanan çizgiler doğrudan bize ulaşamayacağından o bileşene ait bir radyal hız eğrisi elde etmek zor olabilir. β Lyr durumunda, bu zarf bir pseudofotosfer (sanki-fotosfer) olarak davranmaktadır ve tayfta görülen salma çizgilerinin çoğundan sorumludur. Ancak özellikle H α 'nın çoğu ve HeI 6678 salmaları, genellikle daha önceki çalışmalarda varsayıldığı gibi, ne yığılma diskinden ne de yıldızı çevreleyen zarftan değil fakat, yörünge düzlemine dik ve anakol yıldızı etrafındaki yığılma diski ve gaz akımlarının olası etkileşim bölgesinin merkezinde jet-benzeri yapılardan kaynaklanmaktadır [5].

β Lyr'in radyal hız eğrisi ile ilgili çok önemli iki çalışma 1991 ve 1992'de yapılmıştır. Skulskij and Topilskaya [11], yüksek ayırma güçlü CCD tayflarını kullanarak, daha önce Skulskij [12] tarafından rapor edilen dev yıldız'ın RV eğrisine göre ters evrede olan SiII 6347, 6371 çizgilerinin RV eğrisini belirlemişler ve bunların, onlara göre bir A5III yıldızına karşılık gelen anakol yıldız'ının atmosferinden kaynaklandığına karar vermişlerdir. Onlar, 4.28 +/- 0.13'lük bir kütle oranı belirlemişlerdir. Bundan kısa süre sonra, Skulskij [13], daha çok CCD tayfına dayanan başka bir çalışma yayınlamış ve kütle oranını iyileştirerek 4.6 +/- 0.1 değerini bulmuştur. O çalışmadan sonra da β Lyr'in tayfında diskli bileşene ait yeni bir tayf çizgisi bulunamamıştır.

Burada sunulan çalışmada, 1992-2003 yılları arasında 6300-6750 Å (kırmızı bölge) dalgaboyu aralığını kapsayan toplam 651 tayf, (Ondrejov Gözlemevi, Çek Cumhuriyeti, 275 tayf, 17 Å/mm çizgisel ayırma gücü, ortalama S/N~300, Reticon ve CCD dedektör ve Dominion Astrofizik Gözlemevi, DAO, Kanada, 376 tayf, 10 Å/mm, S/N~135, CCD dedektör) incelenmiştir. Tayflar, sayı ve zaman olarak uzun bir zamana yayıldığı için yörünge döneminin her noktasında tayf elde edilmiştir. Tayflar özellikle radyal hız eğrisi elde edilmesi ve diskli yıldızla ait yeni tayf çizgileri belirlenmesi için KOREL ([14], [15]) adlı bir program ile analiz edilmiştir.

2. KOREL Programı ve Denetimi

KOREL (Komponent spectra and ORbital ELEments), Ondrejov Gözlemevi'nde (Çek Cumhuriyeti) Petr Hadrava tarafından Fortran dilinde yazılmış, "spectral disentangling method" denen ve esas olarak bir çizgi profilindeki çift yıldız bileşenlerinin akı katkılarının Fourier Transformu ile ayrıştırılması tekniğine dayanan bir programdır (Hadrava 1995 [14], 1997 [15]). Ayrıştırılan her bileşen çizgisinin radyal hızı, çiftin yörünge parametrelerinden belirlenen değerlere göre hesaplanmakta ve radyal hız eğrisi oluşturulmaktadır. Böylece program, aynı anda radyal hızları bulurken yörünge çözümü de yapmaktadır. Programda tayfsal olarak çözülecek yıldız sayısı en fazla beş olabilir, bu durumda çözülecek yörünge

sayısı en fazla dört tane olmaktadır. Dördüncü yörünge ve beşinci yıldız (ışınım kaynağı) olarak genellikle Dünya (yer atmosferi) ve onun yörüngesi alınır. Böylece tayf içindeki tellurik (dünya atmosferi kaynaklı) çizgilerin de belirlenmesi sağlanır. Şekil 1.'de KOREL'in nümerik yolla akıllarını ayırt edebildiği yıldız sisteminin durumu görülmektedir. Burada çember içindeki sayılar yıldızları (ışınım kaynağı), parantez içindekiler de yörüngeleri temsil etmektedir. Programın aşağıda görüldüğü gibi bir parametre kontrol dosyası (korel.par) vardır, her bir parametrenin açıklaması yanına yazılmıştır. Her parametre belli bir değere yakınsaması için serbest parametre olarak (4. sütun, sıfır değeri sabit tutulduğunu gösterir) bırakılabilmektedir. Programın daha fazla ayrıntısı için [14] ve [15] referanslarına ve programın kullanıcı kılavuzuna (user manual) bakılabilir (program ve user manual için bkz. www.asu.cas.cz/~had/had.html). KOREL programı doğrudan salt radyal hızları verdiği için, buradan bulunan RV eğrisinde sistemin kütle merkezinin hızı (γ hızı) görülmeyecektir.

Korel.par dosyasının yapısı

1 2 0 0 0 1 0 2	key(1,...,5), k=	Nr. of spectra>0, filter, plot	
o 0 1 0 1 1	12.913780	.000001	dönem ve artım miktarı
o 0 2 4 1 1	8247.966	0.05	To ve artım miktarı
o 0 3 0 1 1	0.0	0.02	eksantirisite ve artım miktarı
o 0 4 0 1 1	90.0	10.0	enberi boylamı ve artım miktarı
o 0 5 1 1 1	185.7	2.0	K2 ve artım miktarı
o 0 6 1 1 1	4.484	0.1	q (kütle oranı) ve artım miktarı
o 0 8 0 1 1	5.9966D-7	1D-9	dönem değişimi (dP/dt) ve artım miktarı
o 3 1 0 1 1	365.256360000	.1	
o 3 2 0 1 1	51547.520600000	10.	
o 3 3 0 1 1	.016710220	0.001	Şekil 1.'deki yörünge numarası
o 3 4 0 1 1	84.725778765	10.	
o 3 5 0 1 1	.001000000	.0001	
o 3 6 0 1 1	.000060021	.000001	
o 3 7 0 1 1	.000009111	.00000001	enberinin değişimi (e≠0 için)
x 0 0 0 0 0 0 0 0	end of elements		

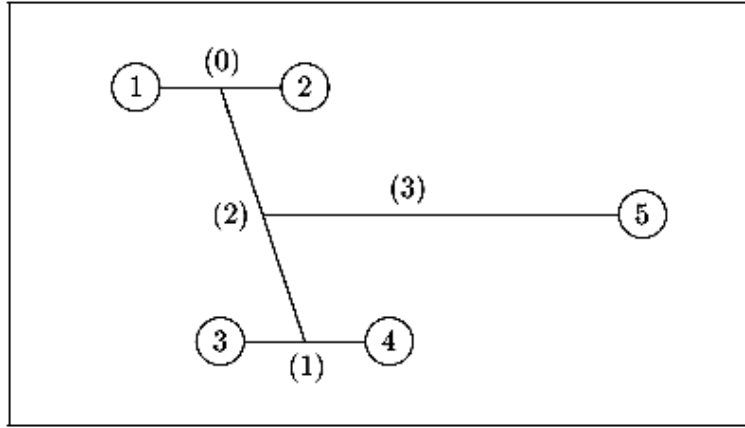
KOREL'de, girdi verisi (korel.dat dosyası) olarak tayflar ascii formunda kullanılır. Bu veri dosyası KOREL için önceden bir yardımcı program (PREKOR) ile hazırlanır. Bu dosya, daha önceden elde edilmiş (fits veya ascii formatında olabilir) herhangi bir tayf bölgesinin belli bir aralığı için oluşturulabilir. Dosya yapısı, aşağıda görüldüğü gibidir.

```

48804.5225 6338.0000 4.000 1.000
.99934 1.00079 1.00225 1.00349 1.00392 1.00435 1.00492 1.00614 1.00737 1.00857
1.00966 1.01075 1.01162 1.01099 1.01036 1.00993 1.01118 1.01244 1.01367 1.01460
1.01552 1.01640 1.01640 1.01640 1.01645 1.01857 1.02068 1.02280 1.02485 1.02690
1.02895 1.02955 1.03011 1.03067 1.03023 1.02973 1.02924 1.02944 1.02971 1.02997
1.03205 1.03433 1.03661 1.03915 1.04173 1.04431 1.04425 1.04372 1.04319 1.04190
.....
.....

```

Burada birinci satırdaki ilk 10 dijit HJD olarak zamanı, sonraki 9 dijit analizi yapılacak tayf aralığının başlangıç dalgaboyunu, daha sonraki 5 dijit, km/sn olarak başlangıç dalgaboyundan itibaren artım miktarını ve en sondaki de söz konusu tayfin ağırlığını belirtmektedir. İkinci satırdan itibaren gelen satırlar, başlangıç dalgaboyundan itibaren km/sn olarak artan her dalgaboyuna karşılık gelen akıları belirtmektedir. Burada kullanılan tayfin önceden normalize işlemlerinin yapılmış olması gerekmektedir.

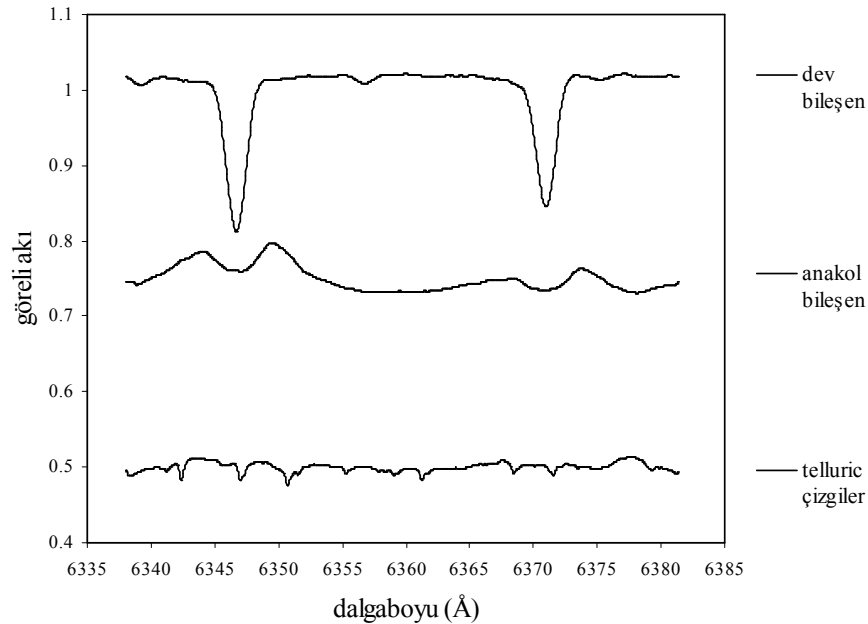


Şekil 1. KOREL programının çözümlemesini yaptığı yıldız sistemi

3. B Lyr Sisteminin Tayfının KOREL Programı ile Analizi

3. 1. Si II 6347-6371 Å Çizgileri

6300-6750 Å aralığındaki tayflarda ilk olarak, daha önce Skulskij & Topilskaya [11] tarafından bulunan Si II 6347 ve 6371 Å çizgilerinin bulunduğu bölgeye bakılmıştır. Bu çizgilerde, dev yıldızın soğurması üzerine binmiş, diskli yıldızın salması açıkça görülmektedir. KOREL programı ile bileşenlerine ayrılan bu çizgilerde, dev yıldızın soğurma çizgisi ve diskli yıldızın salma bileşeni net olarak ayırt edilebilmiştir. Diskli yıldızın ait çizgi esas olarak salma üzerine binmiş hafif bir soğurma içermektedir (Şekil 2.). Korel. par kontrol



Şekil 2. Si II 6347-6371 Å çizgilerinin bileşenlerine ayrılmış durumu.

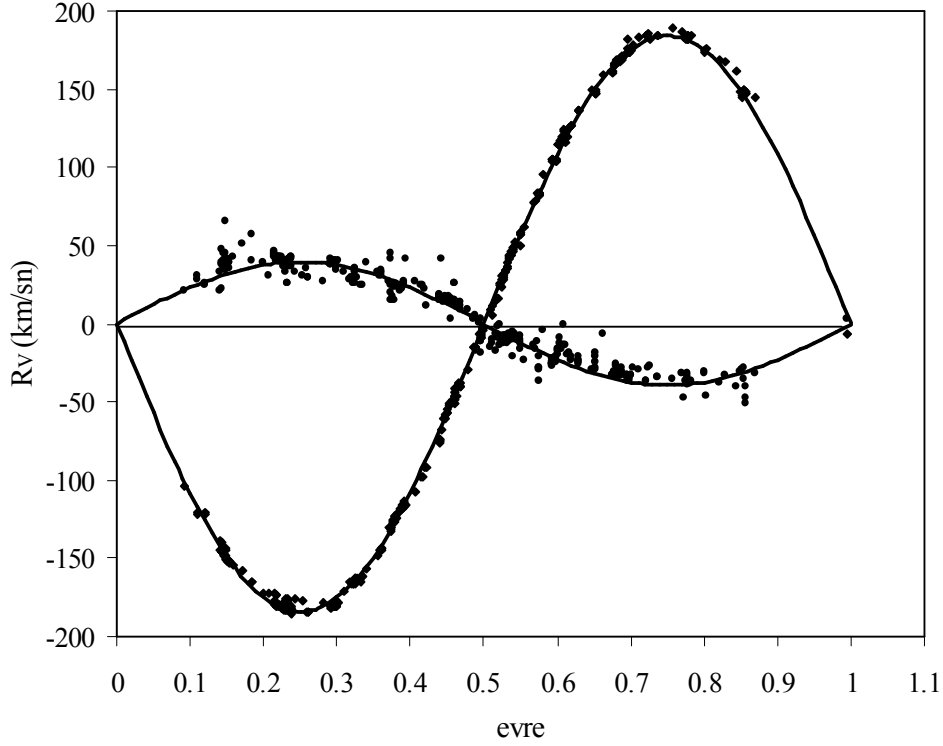
dosyasında 5. ışınım kaynağı ve 4. yörünge olarak girilen dünya atmosferine ait tellurik çizgiler de tüm tayf içinden ayırt edilebilmiştir. Bu çizgilerden bulunan β Lyr sisteminin KOREL radyal hız eğrisi Şekil 3'te görülmektedir. Şekilde sürekli çizgi ile belirtilen eğri teorik radyal hız eğrisini belirtmektedir ve

$$V(t)=K(\cos(w+v)+e\cos w) \quad (1)$$

eşitliği ile verilir. Burada K yarı genlik, w enberi boylamı, e dışmerkezlik değeri ve v de gerçek ayrıklıktır. Evrelendirmede, KORAL çözümünden elde edilen aşağıdaki kuadratik ışık elemanları kullanılmıştır:

$$T = 2452768.925107 + 12.940258 \times E + 3.882077 \times 10^{-6} \times E^2 \quad (2)$$

Dikkat edilirse radyal hız eğrisinde yaklaşık 0.9-0.1 evre arasının boş olduğu görülmektedir. β Lyr'de bu evrelerde bileşen yıldızların tayflarına ek olarak uydu çizgiler (Satellite line) denen bir yapının görülmesi ve KORAL ile radyal hız ölçümünde bozucu etki yapması nedeniyle bu evre aralığı alınmamıştır.

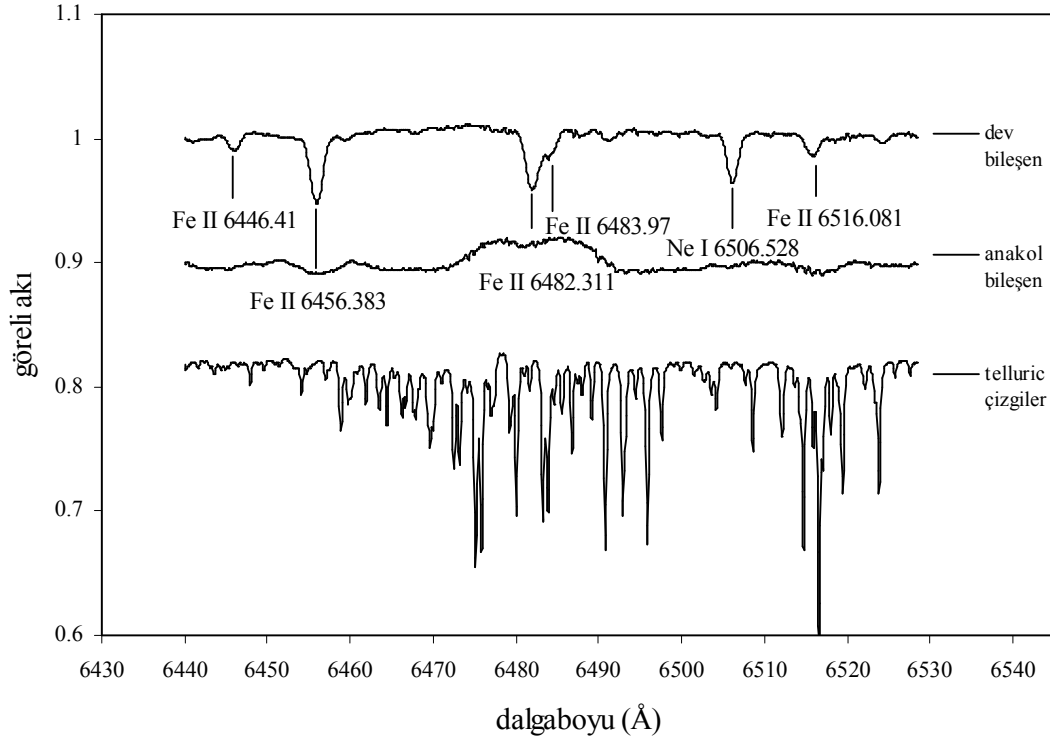


Şekil 3. Si II 6347-6371 Å çizgilerinin KORAL radyal hız eğrisi

3. 2. KORAL Programı Yardımı ile Diskli Bileşene Ait Yeni Çizgilerin Keşfi

6440-6530 Å tayf aralığı, β Lyr'de demir çizgilerinin bol olduğu ve ayrıca tellurik çizgilerin tayfi fazla kirlendiği bir bölgedir. Bu bölgenin KORAL ile analizi yapıldığında, daha önce tayfta açıkça görülemeyen, diskli bileşene ait çizgilerin olduğu görülmüştür. Bu bölge için ayrıştırılmış tayf Şekil 4.'te görülmektedir. Bölgede tellurik çizgiler çok baskındır ve çok net ayırt edilebilmişlerdir. Diskli bileşene ait Fe II 6456 ve 6516 Å çizgilerinin neredeyse tamamı soğurma halinde görülürken, Fe II 6482-6484 blend çizgileri Si II çizgilerinde olduğu gibi salma üzerine binmiş hafif bir soğurma şeklindedir. Ne I 6506.5 Å çizgisinin sadece dev bileşen katkısının olduğuna dikkat etmek gerekir.

Aşağıdaki tabloda (Tablo 2.), β Lyr sisteminin, Si II çizgileri ve 6440-6530 Å arası bölgenin KOREL çözümünden bulunan yörünge parametreleri, literatürde kabul edilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Radyal hız genlikleri ve kütle oranında ufak farklılıklar vardır.



Şekil 4. 6440-6530 Å arası bölgenin bileşenlerine ayrılmış durumu

Tablo 2. KOREL ile bulunan yörünge parametreleri

Parametre	KOREL (6440-6530 Å)	KOREL (SiII)	Harmanec <i>et al.</i> (1993)
P (gün)	12.940258	12.940258	12.933504
T_0 (HJD)	52768.925109	52768.925107	41164.4671
dP/dt (gün/gün)	6×10^{-7}	6×10^{-7}	5.9875×10^{-7}
q	4.6869	4.6679	4.5
K_1 (km/sn)	185.44	184.14	186.30
K_2 (km/sn)	39.57	39.45	41.40

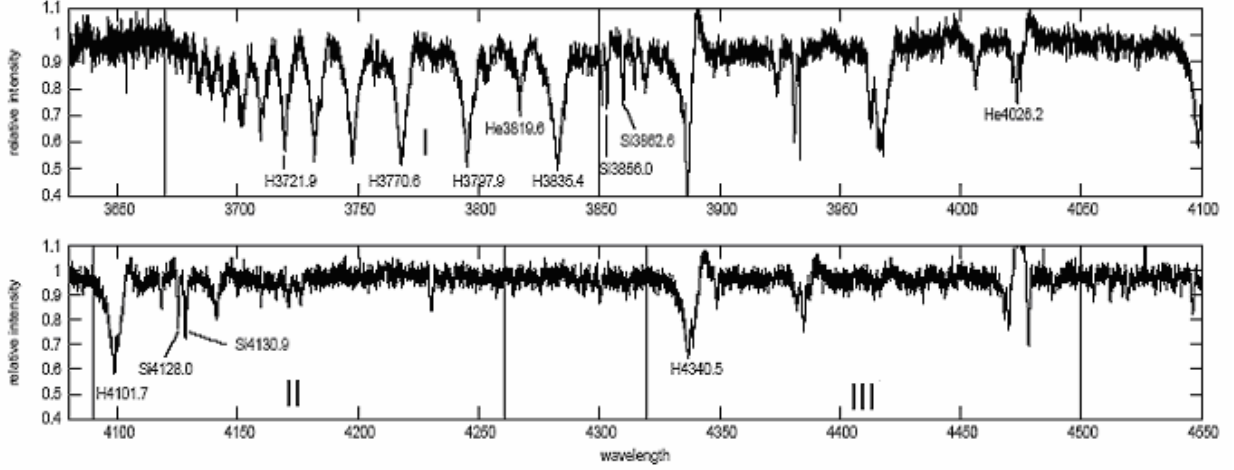
Fe II 6456 ve 6516 Å çizgilerinin genişlemesinden dönme hızı olarak kabaca 160-200 km/sn değerleri bulunmaktadır ki bu değer diskin dış bölgelerinin yaklaşık kepleryan hızlarına karşılık gelmektedir [16].

3. 3. Tayfın Mavi Bölgesinde Durum

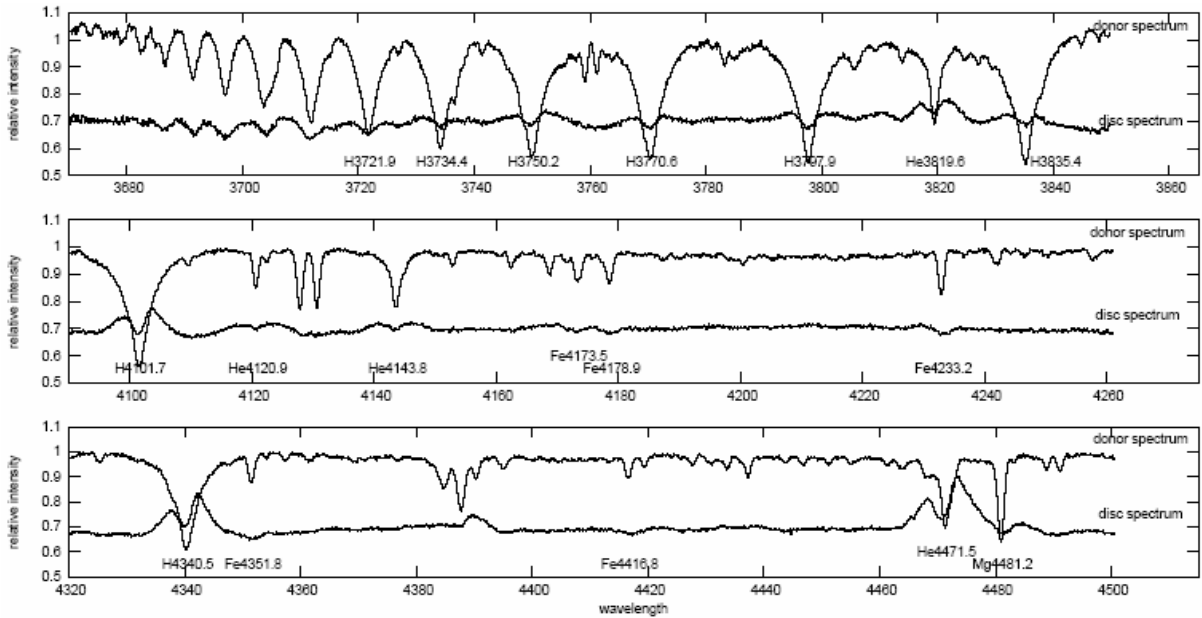
1991 yılı Temmuz-Eylül döneminde alınmış 3630-5000 Å aralığındaki toplam 52 adet fotografik tayf (Ondrejov Observatory, Çek Cumhuriyeti, 4 Å/mm çizgisel ayırma gücü, $\sim S/N$ 47) sayısallaştırılarak KOREL programı ile analiz edilmiştir. Çalışmanın bu kısmı, Çek

Cumhuriyetinden Petr Harmanec ve onun öğrencisi Pavel Chadima tarafından yapılmıştır. Diskli bileşenin kırmızı bölgedeki çizgilerine benzer olarak, mavi bölgede de bileşke tayfin bir çok çizgisi için diskli bileşenin katkısının olduğu görülmüştür. Şekil 5.'te tüm tayf bölgesi üzerinde KOREL ile analizi yapılan tayf aralıkları işaretlenmiştir (dikey çizgiler arasında kalan bölgeler). Şekil 6.'da ise söz konusu tayf aralıkları için, KOREL analizi sonucu ayrıştırılmış bileşen tayfları görülmektedir. Seçilen bölgelerde tellurik çizgiler ayırt edilecek şiddette olmadığından KOREL çözümlemesinde dikkate alınmamıştır.

Şekil 5.'teki II numaralı bölgenin bileşenlerine ayrıştırılmış tayfları, güneş bolluklu Kurucz model atmosfer tayfları ile karşılaştırılmış ve bir anlamda KOREL programının ne kadar doğru bir çözümleme yaptığı test edilmiştir (Şekil 7.).



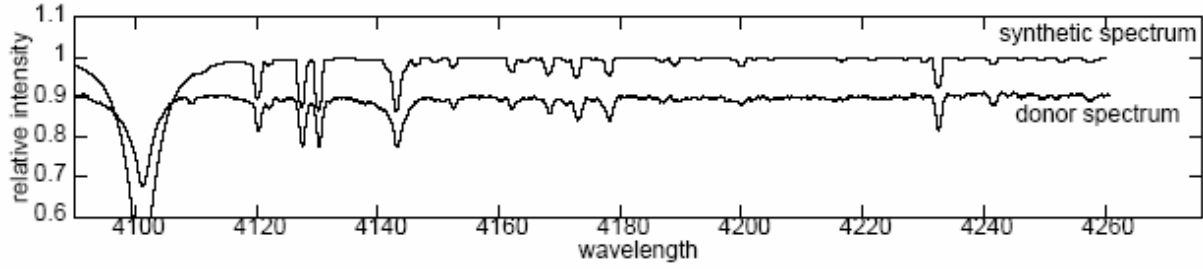
Şekil 5. Mavi bölge tayfında KOREL analizine sokulan tayf aralıkları



Şekil 6. KOREL ile bileşenlerine ayrılmış mavi bölge tayfı

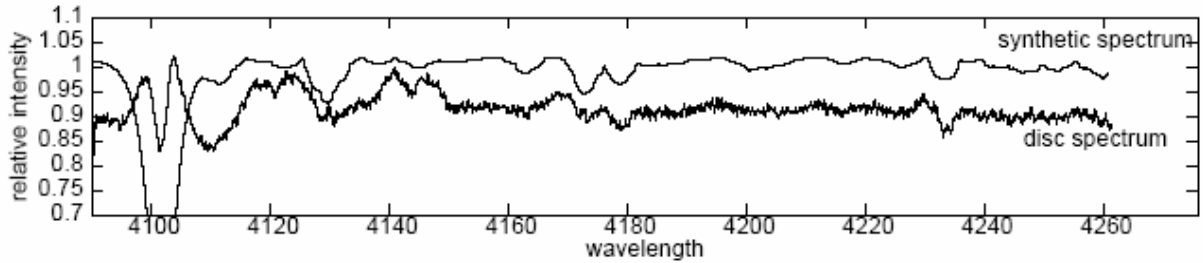
Dev bileşen tayfı için metalik çizgilerin model atmosfer tayfı ile uyumu gerçekten de mükemmeldir (Şekil 7.). Ancak H δ 4101 Å çizgisi için model atmosfer şiddeti dev bileşenin şiddetine göre oldukça büyüktür. Bu muhtemelen, daha önce Balachandran et al. [17] tarafından tartışıldığı gibi, kütle aktarımının bir sonucu olarak hidrojen zengin helyumca zengin derin alt katmanların ortaya çıkmasının bir sonucu olmalıdır. Sentetik tayf için seçilen

atmosfer parametreleri, $T=13000$ K, $\log g=2.5$ ve $v \text{ sini}=55$ km/sn'dir. Bu $v \text{ sini}$ değeri, dev yıldızın yörüngeye kilitli dönmesi için gereken değerle uyum içindedir ve bu halde Roche şişimini doldurmuştur.



Şekil 7. Dev bileşen tayfinin model atmosfer ile karşılaştırılması

Diskli bileşen tayfinin sentetik tayf ile karşılaştırılması Şekil 8'de yapılmıştır. Aslında burada diskli bileşen tayfı diskin tayfı olmaktadır, çünkü disk bir pseudofotosfer (sanki-fotosfer) olarak davrandığı için gözlenen çizgiler doğrudan diskten kaynaklanmaktadır. Disk tam bir fotosfer gibi davranmadığı için kaba bir uyum vardır. Özellikle H δ 'daki uyumsuzluk burada da görülmektedir, çünkü disk maddesi dev bileşenden gelen akıntılarla oluşturulmuştur ve onun kimyasal karışımını yansıtacaktır. Disk bölgesindeki madde kepleryan yörüngelerde döndüğü için aslında yüzey çekim ivmesi sıfır olmalıdır ancak bu şekilde bir model atmosfer olmadığı için en düşük $\log g$ li değer alınarak bir karşılaştırma yapılmıştır. Şekil 8. de görülen model atmosferin parametreleri, $T=9000$ K, $\text{Log } g= 1.5$ ve $v \text{ sini}=180$ km/sn'dir. Bu $v \text{ sini}$ değeri Fe II 6456-6516 çizgileri için bulunan 160-200 km/sn'lik değerler ile uyum içindedir.



Şekil 8. Disk tayfinin model atmosfer tayfı ile karşılaştırılması

4. Sonuç

β Lyr sistemi çok çalışılmış bir sistem olmasına rağmen, doğasında anlaşılabilen hala bir çok eksiklikler vardır. Yeni geliştirilen ileri düzeyde analiz programları bunları gidermede araştırmacılara yardımcı olmaktadır. KOREL bu programlardan birisidir. Aslında KOREL ile yapılabilecekler bunlar ile sınırlı değildir. KOREL, literatürde daha önce yayınlanmış tüm çift çizgili tayfsal çiftlerin yörünge parametrelerinin iyileştirilmesinde, tek çizgili olarak bilinen tayfsal çiftlerde diğer bileşene ait çizgilerin aranması ve gerçek yörünge elemanlarının belirlenmesinde, üçlü (veya dördü) yıldız sistemlerinde diğer bileşenlerin yörünge ve mutlak parametrelerinin belirlenmesinde kullanılabilir. Özellikle üçüncü cisim olan sistemlerde, eğer çift sistem tutulma da göstermiyorsa üçüncü cismin varlığı ancak tayfsal olarak anlaşılabilir. KOREL ile iyileştirilmiş yörünge parametrelerinden elde edilecek bileşenlerin yeni mutlak parametreleri, yıldızların bilinen kütle-ışınım, kütle-yarıçap gibi ilişkilerinin iyileştirilmesinde kullanılabilir.

Özellikle aşırı evrimleşmiş ve kütle aktarım evresinden geçerek kütle oranının çok değiştiği ve bileşenlerden birisinin alt katmanlarının görüldüğü sistemlerde, ayrıştırılmış

tayflardan bolluk analizi yapılarak, yıldızların yüzey bolluklarındaki değişimler ve bunların termonükleer süreçler ile ilişkisi gözlemsel olarak ortaya çıkarılabilir.

KOREL programı özellikle, bileşen çizgilerinin blend olması nedeniyle sağlıklı bir radyal hız ölçümü yapılamayan veya bileşenler arası parlaklık farkının 3-4 kadirde fazla olduğu ve normal şartlarda bileşen çizgilerinin tayfta ayrı ayrı görülemediği durumlarda, çok iyi belirlenmiş bir radyal hız eğrisi elde etmek ve yörünge çözümü yapmak için kullanılabilir.

Kaynaklar

- [1] Goodricke, J. 1785, "Observations of a New Variable Star" *Phil. Trans. Roy. Soc.* 75, 153.
- [2] Secchi, A., 1867, "Sugli spettri prismatici delle stelle fisse", *Memorie di Matematica e di Fisica Societa Italiana delle Scienze*, 3rd Ser., Vol. 1, Part I., 67.
- [3] Perryman, M.A.C, Høg, E., Kovalevsky, J., Lindegren, L., Turon, C., 1997, *ESA SP-1200 The Hipparcos and Tycho Catalogues*.
- [4] Harmanec, P., Scholz, G. 1993, "Orbital elements of beta Lyrae after the first 100 years of investigation" *AA*. 279, 131.
- [5] Harmanec, P., Morand, F., Bonneau, D., Jiang, Y., Yang, S., Guinan, E.F., Hall, D.S., Mourard, D., Hadrava, P., Bozic, H., Sterken, C., Tallon-Bosc, I., Walker, G.A.H., McCook, G.P., Vakili, F., Stee, P., Le Contel, J.M. 1996, "Jet-like structures in beta Lyrae. Results of optical interferometry, spectroscopy and photometry" *AA*. 312, 879.
- [6] Bisikalo, D.V., Harmanec, P., Boyarchuk, A.A., Kuznetsov, O.A., Hadrava, P. 2000, "Circumstellar structures in the eclipsing binary Beta Lyr A. Gasdynamical modelling confronted with observations" *AA*. 353, 1009.
- [7] Linnell, A.P., Hubeny, I., Harmanec, P. 1998, "New Light Synthesis and Spectrum Synthesis Constraints on a Model for beta Lyrae" *ApJ*. 509, 379.
- [8] Linnell, A.P. 2000, "Progress on a model for beta Lyrae" *MNRAS* 319, 255.
- [9] Wilson, R.E., Lapasset, E., 1981, "Progress on a quantitative model for Beta Lyrae" *AA*. 95, 328.
- [10] de Greve, J. P. and Linnell, A. P. 1994, "Origin and evolution of semi-detached binaries: Beta Lyrae and SV Centauri" *AA*. 291, 786.
- [11] Skulskij, M. Yu., Topilskaya, G.P. 1991, "The secondary component lines in the Beta LYR spectrum" *PAZh* 17, 619.
- [12] Skulskij, M. Yu. 1975, "Quantitative analysis of the spectrum of Beta Lyrae IV. Line identifications for the faint component and the mass of both stars" *AZh* 52, 710.
- [13] Skulskij, M. Yu. 1992, "CCD Spectra of Beta-Lyrae - Absorption Lines Orbital Parameters and Disk Structure of the Gainer" *PAZh* 18, 711.
- [14] Hadrava, P. 1995, "Orbital elements of multiple spectroscopic stars" *AAS*, 114, 393.
- [15] Hadrava, P. 1997, "Relative line photometry of eclipsing binaries" *AAS*, 122, 581.
- [16] Harmanec, P. 1992, "One less puzzle in Beta Lyrae?" *AA*. 266, 307.
- [17] Balachandran, S., Lambert, D. L., Tomkin, J. and Parthasarathy, M. 1986. "The chemical composition of algol systems. III - Beta Lyrae-nucleosynthesis revealed" *MNRAS*, 219, 479.

