

# TÜBİTAK ULUSAL GÖZLEMEVİ - COUDE EŞEL TAYFLARI'NIN TAYFSAL KARAKTERİSTİKLERİ

**Kutluay YÜCE<sup>1</sup>, Birol GÜROL<sup>1</sup>, Saul J. ADELMAN<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup> *Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri  
Bölümü, 06100, Tandoğan, ANKARA, Tel: 312-2126720 / 1196 ,  
Faks: 312-223 23 95,*

*e-posta: kyuce@astrol.science.ankara.edu.tr,  
guro@science.ankara.edu.tr*

<sup>2</sup> *The Citadel, Physics Department of Physics, 171 Moultrie Street,  
Charleston, SC 29409, USA, e-posta: adelmans@citadel.edu*

<sup>3</sup> *Guest Investigator, Dominion Astrophysical Observatory,  
Herzberg Institute of Astrophysics, National Research Council of  
Canada, 5071 W. Saanich Road, Victoria V8X 4M6, Canada*

## Özet

Bu tayfsal çalışmada, Yüce ve arkadaşları tarafından 14-17 Eylül 2007 tarihlerinde elde edilen TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi – Coude Eşel Tayfları (CET)'nin tayfsal karakteristiklerini inceliyoruz. Gözlemsel veriler, IRAF programı kullanılarak tek boyutlu tayflar haline getirildi. Bu çalışmada; 1) RTT150 CET orderlarının kırmızı, mavi ve merkez bölgelerindeki S/G değişimleri ve çizgi profil karakteristikleri, 2) Aynı yıldızla ait bir ve çok sayıda alınan tayfların birleştirilmesiyle elde edilen birleştirilmiş (coadded) tayflarındaki S/G değişimleri, 3) 68 order için telluric çizgi karakteristikleri, 4) Bazı zayıf ve kuvvetli metal çizgilerin eşdeğer genişliklerinin literatürdekilerle karşılaştırılması, 5) CET orderlarına ilişkin radyal hız değişimleri, ve 6) Kullanılan bias ve flat sayılarına bağlı olarak yıldız tayflarının kalitesine ilişkin yapılan test sonuçlarını tartıştık.

**Anahtar Kelimeler:** *Coude Eşel Tayfı, sinyal-gürültü oranı (S/G), tayf çizgisi, tayf ölçümü*

### **Abstract**

In this spectral study we investigate the characteristics of the TÜBİTAK National Observatory-Coude Echelle Spectra (CES) using mainly spectra obtained by Yüce and associates on September 14-17, 2007. The data were reduced to 1-d spectra using IRAF. We discussed 1) the S/N variations and spectral line profile characteristics at the red, blue and the center of orders of RTT150 CES, 2) the S/N variations with one spectrum and coadded spectra, 3) the characteristics of the telluric lines, 4) the equivalent width comparison of some weak and strong metal lines with respect to those published in literature, 5) the radial velocity variations within CES orders, and 6) the results of our experiments in taking many bias and flat exposures.

**Key words:** *Coude Echelle Spectra, signal-noise ratio (S/N), spectral line, spectral measurement*

### **1. Giriş**

Bu çalışma, TUG\_RTT\_150.07.44 ve TUG\_RTT\_150.07.45 no'lu projelerimiz kapsamında TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG)'ndeki 1.5-metrelik RTT150 teleskobuna bağlı Coude Eşel Tayfçekerisi ile elde edilen tayfsal verilerin analizleri sonunda ulaştığımız bazı bilgileri içermektedir. Bu iki proje kapsamında I-V ışınım sınıfına ait 14 adet yıldız gözlenerek eşel tayfları elde edilmiştir. Temel astrofizik amacımız TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nin tayflarını kullanarak yıldızların kimyasal bolluk analizlerini gerçekleştirebilmektir. Fakat öncelikle bu ilk tayfsal gözlemlerin, çok iyi bilinen ve iyi kalibre edilmiş yüksek ayırma güçlü tayfların karakteristikleri ile karşılaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle Prof. Dr. Saul J. Adelman ve Prof. Dr. Austin F. Gulliver tarafından tayfları daha önceden Dominion Astrofizik Gözlemevi (DAO)'ndeki 1.2 metrelik teleskoba bağlı klasik coude tayfçekerisiyle

elde edilmiş bazı parlak yıldızları (Vega, Deneb,  $\gamma$  Gem,  $\nu$  Cep, 4 Lac) da çeşitli poz süreleri kullanarak gözledik.

Yıldız tayflarının sürekliliklerini belirlemek ve çizgi profillerini ölçebilmek için tüm gözlemsel veriler, IRAF [Image Reduction and Analysis Facility] yazılım paketi içinde yer alan programlar yardımıyla tek boyutlu tayflar haline getirilmiştir. Ayrıca iki süperdev yıldız 4 Lac ve  $\nu$  Cep'in buradan elde edilen ölçüm sonuçları REDUCE ve ilgili programları [2,3] yardımıyla elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldı [5,6]. Bu çalışmada  $0^m$ - $6^m$  aralığında gözlemi gerçekleştirilen yıldızların çeşitli poz sürelerindeki eşel tayflarının incelenmesi sonucunda; orderların merkezi bölgelerinden belirlenen sinyal-gürültü oranına (S/G) ilişkin değerler,  $4^m$  ve  $5^m$  parlaklığındaki yıldızlar için (38 Tau,  $\nu$  Cep, 53 Cas, 4 Lac, HD 4128) S/G=300;  $0^m$  ve  $1^m$  yıldızlar için (Vega, Deneb) S/G=600 olarak hesaplanmıştır. Bu düzeyde bir S/G oranı, RTT150 eşel orderların merkez bölgelerine karşılık gelen dalgaboyu aralığındaki çizgi profillerinin kimyasal bolluk analizlerinde kullanılabileceğini göstermektedir.

## 2. Gözlemler – RTT150 Coude Eşel Tayfları

RTT150 Coude eşel tayflarının karakteristiklerini anlayabilmek için test amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada farklı parlaklıklara sahip yıldızların gözlenmesine özen gösterilmiştir. Gözlemlerde Rus yapımı azot soğutmalı 1k x 1k CCD dedektörü kullanıldı. R=40000 ayırma gücüne sahip Coude Eşel Tayfçekeri ile alınan tayflar toplam 68-69 order'a dağılmış durumda ve tayfın  $\lambda\lambda 3920$ - $8770\text{\AA}$  dalgaboyu aralığını içermektedir. Özellikle kırmızı (uzun dalgaboyu) tarafta orderlar arasında boşluk fazla iken mavi (kısa dalgaboyu) tarafta orderlar üst üste binmektedir. Çizelge 1'de 14-17 Eylül 2007 tarihleri arasında gözlediğimiz yıldızlara ilişkin gözlemsel bilgiler verilmiştir.

Tayfsal gözlemler üzerinde öncelikle bias ve dark, ve ardından flat düzeltmeleri gerçekleştirildi. IRAF paketinde bulunan APALL taskı kullanılmış ve orderların konumları tanımlanarak bu orderlar içerisinde kalan tayfsal bilgiler çıkarılmıştır. Böylece tayflar tek boyutlu hale getirilmiştir. Aynı task yardımıyla Th-Ar lamba tayfları tek boyutlu hale getirilip dalgaboyu kalibrasyonunda kullanıldı. Dalgaboyu kalibrasyonu için ulaşılan rms değeri

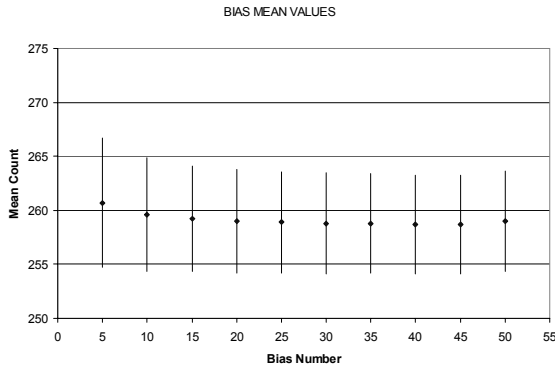
$\approx 0.0046\text{\AA}$  civarında olmuştur, ki bu değer kalibrasyonun ne ölçüde duyarlı yapıldığının bir göstergesidir. Dalgaboyu kalibrasyonu gerçekleştirilen tayfsal gözlemlerimiz üzerinde Yer'in dönmesi, Yer-Ay sisteminin kütle merkezine göre hareketi de dikkate alınarak Güneş merkezine hız düzeltmesi yapıldı. Bu amaçla IRAF programında bulunan RVCORR ve DOPCORR taskları kullanılmıştır.

Gözlemler sırasında 50 adet bias ve 50 adet flat görüntüsü alınarak farklı sayılarda birleştirilmelerine göre istatistiksel dağılımlarına bakılmıştır. Şekil 1'de 5'er adet bias artımıyla ulaşılan ortalama sayım değerlerindeki değişim ve hatası verilmektedir. Buna göre 20 adet bias görüntüsünden sonra hataların azalmadığı açıkça görülmektedir. Sonuç olarak yıldızların RTT150 CET gözlemleri için 20 bias alınması uygun görülmektedir. Şekil 2'de flat görüntüsü için 5'er adet artımla birleştirilmesi durumuna karşılık belirli bir order içerisinde ve sınırlı bir piksel aralığındaki değişimi gösterilmiştir. Benzer şekilde 20 adet flat görüntüsünün indirgemelerde kullanılması yararlı olacaktır.

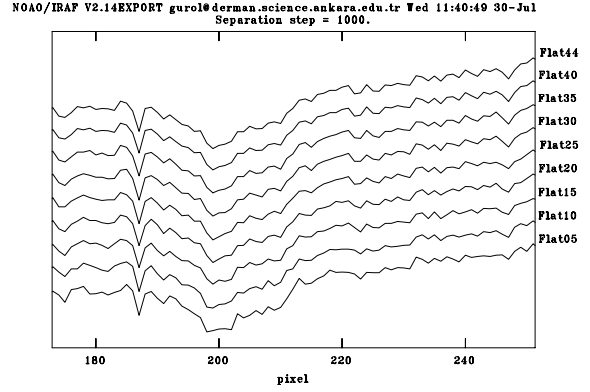
**Çizelge 1. Gözlemler hakkında genel bilgiler**

Yıldız adı	$m_v$	max S/G	Tayf Türü	Tarih	Poz süresi (sn)
Vega	0.03	Co500-600	A0 V	16.09.2007	10, 30, 60, 100, 120
Deneb	1.25	Co500-650	A2 Iae	16.09.2007	30, 60, 120, 130
$\gamma$ Gem	1.90	140, 250	A0 IV	17.09.2007	120, 300
HD 4128	2.04	350, 450	G9 II-III	17.09.2007	300, 600
38 Tau	3.89	250, 435	A0.5 Va	16-17.09.2007	2400, 3200
$\nu$ Cep	4.3	220, Co375	A2 Iab	15.09.2007	1800, 1800
4 Lac	4.5	325	B9 Iab	17.09.2007	2400
64 Tau	4.8	225	A7 V	16.09.2007	2400
29 Psc	5.1	180	B7 III-IV	16.09.2007	2400
HR6455	5.3	160	A3 III	16.09.2007	2400
53 Cas	5.6	320	B8 Ib	17.09.2007	3200
42 Cyg	5.9	200	A1 Ib	16.09.2007	3200
HR7545	5.9	240	A2 III	17.09.2007	3200
HD 207673	6.4	140	A2 Ib	17.09.2007	3200

**Gözlemciler:** Kutluay Yüce, Birol Gürol



**Şekil 1.** Bias görüntülerine ilişkin veriler  
(RTT150-CET, 14 Eylül 2007).



**Şekil 2.** Flat görüntülerine ilişkin veriler  
(RTT150-CET, 14 Eylül 2007).

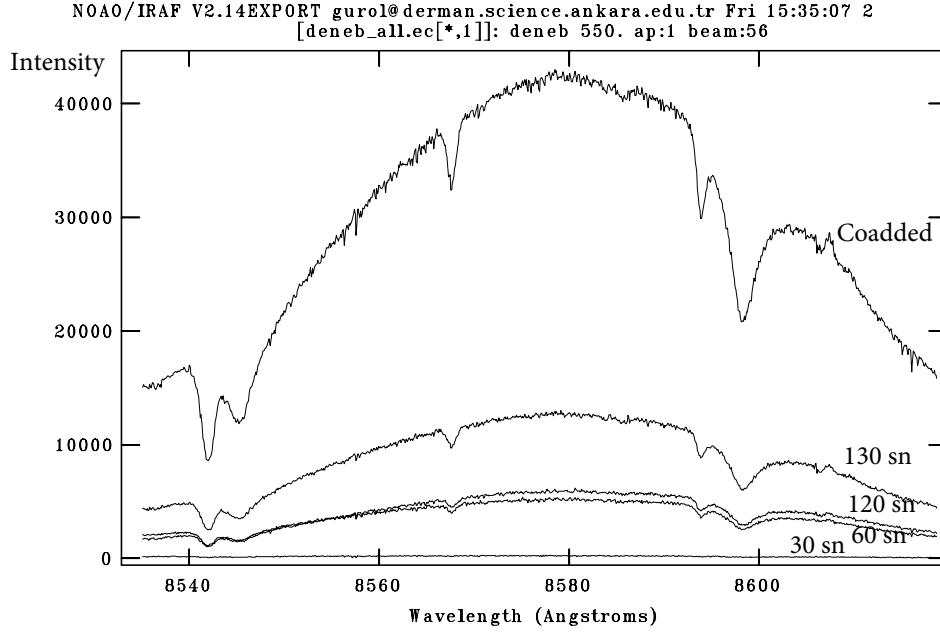
4 Lac ve  $\nu$  Cep yıldızlarının tek ve birleştirilmiş (coadded) eşel tayfları IRAF programı yardımıyla ölçüldü. Böylece çizgi profillerinin merkezi dalgaboyları, eşdeğer genişlikleri ve yarı-maksimumdaki tam genişlikleri (FWHM) Å biriminde elde edildi. Bu çalışma sırasında aynı yıldızla ait birden fazla alınan tayflar iki farklı yöntem kullanılarak birleştirilmiştir. Yöntemlerden birincisi ham tayfsal görüntülerin birleştirilmesi (örnek:  $\nu$  Cep), ikincisi ise tek boyutlu hale getirilmiş tayfların birleştirilmesi şeklinde olmuştur.

Karşılaştırmada kullanılan tayfsal veriler, 4 Lac ve  $\nu$  Cep yıldızları için DAO'nun SITE4 dedektörleriyle alınmış yüksek ayırma güçlü tayfsal gözlemleridir (bkz. [5,6]). Tayflar  $\lambda\lambda 3830-4930\text{Å}$  aralığında olup 200+ sinyal-gürültü oranına sahiptir. DAO tayfları dedektörden kaynaklanan saçılmış ışık etkisinden arındırılmış verilerdir [1].

### 3. Telluric Çizgiler ve Sinyal-Gürültü Oranları

Telluric çizgiler ve S/G değerinin değişimini incelemek için RTT150 Coude eşel tayfları için belirlenen 69 order kullanılmıştır. Yüksek sinyal-gürültü oranına sahip (200+) tayfların elde edilebilmesi için aynı yıldızla ait birden fazla alınan tayfsal görüntülerin coaddition yöntemiyle birleştirilmesi işlemi gerçekleştirildi. Şekil 3'de parlak bir yıldız olan Deneb'in 16.09.2007 tarihinde farklı poz süreleri verilerek alınan aynı order'a karşılık

gelen  $\lambda\lambda 8533-8615\text{\AA}$  dalgaboyu aralığındaki tayfları ve onların birleştirilmiş tayfı görülmektedir.



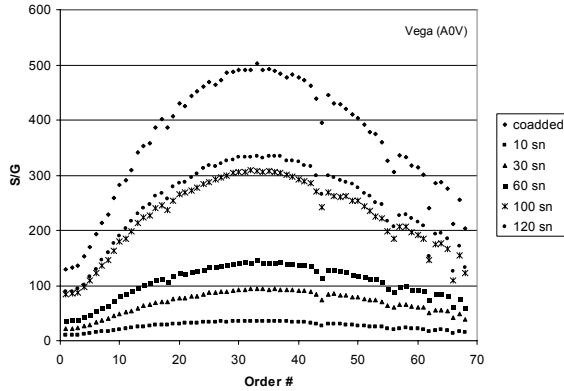
**Şekil 3.** Deneb yıldızının farklı poz sürelerine sahip gözlemlerinden elde edilen aynı order'a karşılık gelen tayflarının görünümü.

Telluric çizgiler Yer atmosferinde bulunan oksijen, su buharı ve karbondioksit gazlarından kaynaklanan ve yıldızların çizgi profillerinden daha keskin yapıya sahip soğurma çizgileridir. Bu çalışmada eşel tayflarımızdaki telluric çizgileri belirleyebilmek için gözlemi yaptığımız yüksek dönme hızına sahip (83 km/sn, [4]) 38 Tau yıldızının tayflarından yararlanıldı. Yüksek dönme hızı, tayf çizgilerinin genişlemesine neden olduğundan, telluric çizgiler kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Çizelge 2'de telluric çizgilerin önemli ölçüde bulunduğu RTT150-CET orderları ve onların genel özellikleri listelenmiştir. İncelemeler sonucu 1 ile 30'ncü orderlar arasındaki tayfsal verilerin atmosferik çizgilerden oldukça etkilendiği görülmüştür. Bu durum kimyasal bolluk analizinde kullanılacak çizgilerin sayısını azaltmaktadır.

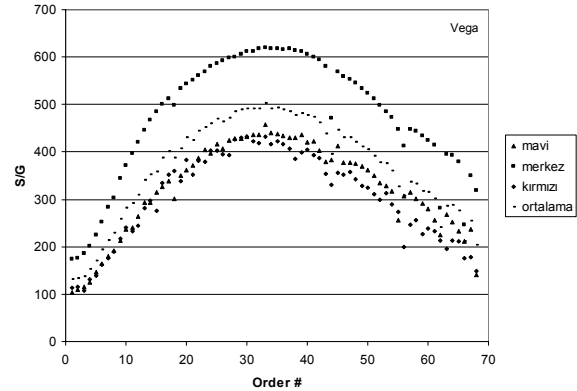
**Çizelge 2.** Telluric çizgilerin görüldüğü başlıca orderlar

Order	Yorum	Order	Yorum	Order	Yorum
1	-	11	Çok sayıda	21	Mavi bölge
2	Çok sayıda	12	Çok sayıda	22	-
3	Çok sayıda	13	Az sayıda	23	Az sayıda
4	Çok sayıda	14	Tamamen	24	-
5	Çok sayıda	15	Kırmızı yarı	25	-
6	-	16	Az sayıda	26	Az sayıda
7	Az sayıda	17	Az sayıda	27	Az sayıda
8	Tamamen	18	Az sayıda	28	-
9	Az sayıda	19	Merkezi bölgede	29	Az sayıda
10	Az sayıda	20		30	Az sayıda

Genel olarak eşel tayf orderlarının mavi tarafı kırmızı tarafından daha iyi doyma eğiliminde oldukları görülmüştür. RTT150 CET verilerinin S/G değerleri süreklilik bölgelerinden ölçülmüştür. Orderların mavi, kırmızı ve merkezi bölgelerinde S/G miktarlarında önemli farklılıkların olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca birleştirilmiş tayfların S/G değerleri tek tayflardan daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Vega ( $0^m.0$ ), Deneb ( $1^m.3$ ), HD 4128 ( $2^m.0$ ), 38 Tau ( $3^m.9$ ),  $\nu$  Cep ( $4^m.3$ ) gibi parlak yıldızların gözlemleri farklı poz süreleri kullanılarak birkaç kez gözlemlendiğinden tayflar birleştirilerek her bir order'ın S/G değerleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Şekil 4 ve 5'de, incelediğimiz yıldızlardan biri olan Vega gözlemlerine ait sonuçlar verilmiştir. Genel olarak merkezi bölgeye göre kırmızı ve mavi kanatlardaki sinyal-gürültü oranları çok daha düşüktür. Vega ve Deneb yıldızlarının birleştirilmiş tayflarına ilişkin S/G değerleri; 15-50 arasındaki ( $\lambda\lambda 4500-6500\text{\AA}$ ) orderların merkezi bölgelerinde 400+, bu orderların mavi ve kırmızı kanatlarında ise 300+ kadardır. HD 4128, 38 Tau,  $\nu$  Cep, 53 Cas, 4 Lac yıldızlarında ise bu değerler 200+, diğer yıldızlarda ise yaklaşık 100+ olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 4.** Vega ( $m_v=0^m$ ): Farklı poz sürelerine göre orderların mavi, merkezi ve kırmızı kanatlarından hesaplanan ortalama S/G değerlerinin ordera göre değişimi.



**Şekil 5.** Vega: Birleştirilmiş tayfın mavi, merkezi ve kırmızı kanatlarından hesaplanan S/G değerlerinin ve ortalamalarının ordera göre değişimi.

#### 4. Yüksek Ayırma Güçlü Tayfların Karşılaştırılması

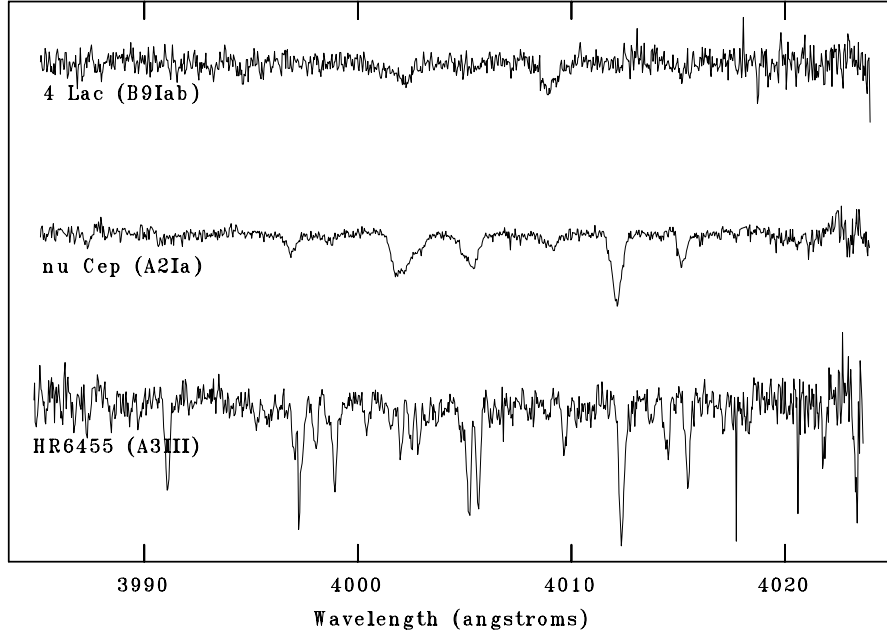
Şekil 6 ve 7'de, sırasıyla, TUG ve DAO'da gözlenen üç yıldızın aynı dalgaboyu aralığındaki tayfları görülmektedir. Tayflar genellikle benzer karakterde olup çizgi ölçümlerinde bazı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Düşük dönme hızlarına sahip yıldızlarda çizgilerin eşdeğer genişliklerinin hesaplanmasında Gaussian profil fiti kullanılmıştır.

TUG ve DAO'dan alınan tayfların kalitesi ve tayf ölçüm tekniklerindeki farklılıkları incelemek için 4 Lac ve  $\nu$  Cep yıldızlarının her iki gözleminden alınmış tayfları kullanılmıştır. Şekil 8 ve 9'da aynı metal çizgilerinden ölçülen FWHM değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. 4 Lac için TUG-CET verilerinden hesaplanan çizgi genişlikleri DAO değerlerinden daha küçük iken,  $\nu$  Cep için hesaplanan sonuçlar birbiriyle oldukça uyumludur.

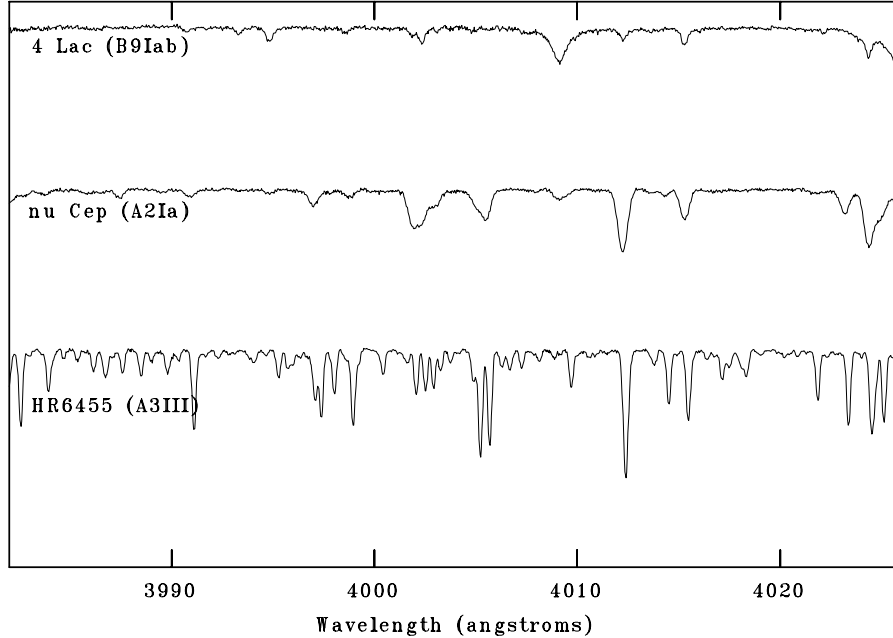


NOAO/IRAF V2.14EXPORT gurol@derman.science.ankara.edu.tr Thu 11:58:39 31-Jul  
Separation step = 0.6  
Spectra of RTT150 CES

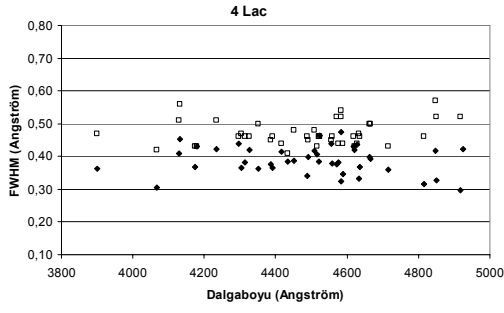


*Şekil 6. Üç yıldızla ilişkin TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi – Coude Eşel Tayfları'nın bir kesiti.*

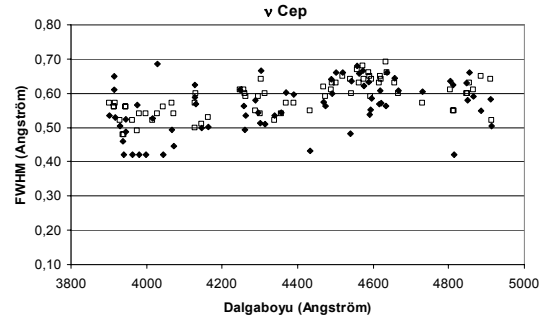
NOAO/IRAF V2.14EXPORT gurol@derman.science.ankara.edu.tr Thu 13:48:36 31-Jul  
Separation step = 0.6  
Spectra of DA0



*Şekil 7. Şekil 6'daki yıldızların Dominion Astrofizik Gözlemevi'nde alınmış tayf kesiti.*



**Şekil 8.** 4 Lac yıldızı için RTT150 (◆) ve DAO (□) tayflarından ölçülen FWHM değerlerinin karşılaştırılması.



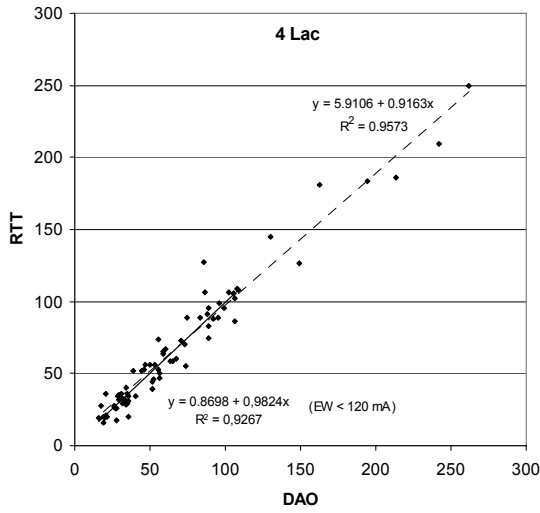
**Şekil 9.** v Cep yıldızı için RTT150 (◆) ve DAO (□) tayflarından ölçülen FWHM değerlerinin karşılaştırılması.

Şekil 10'da 4 Lac ve Şekil 11'de v Cep için IRAF programı kullanılarak RTT150 verilerinden ölçülen eşdeğer genişlik değerleri ile DAO verilerinden Yüce [5,6] tarafından REDUCE/PLOTFITS/VLINE programları [2,3] kullanılarak ölçülen değerlerin birbirine göre karşılaştırılması verilmiştir. Bu çalışmada incelenen soğurma çizgileri DAO'nun  $\lambda\lambda 3950-4950\text{\AA}$  aralığındaki tanımlanmış çizgilerinden oluşmaktadır. Eşdeğer genişlik değerlerinin karşılaştırılması iki kısımda incelendi: 1. Ölçümü yapılan tüm çizgiler (zayıf ve kuvvetli çizgiler), 2. Eşdeğer genişliği (EW)  $\leq 120 \text{ m\AA}$  olan çizgiler kullanılmıştır.

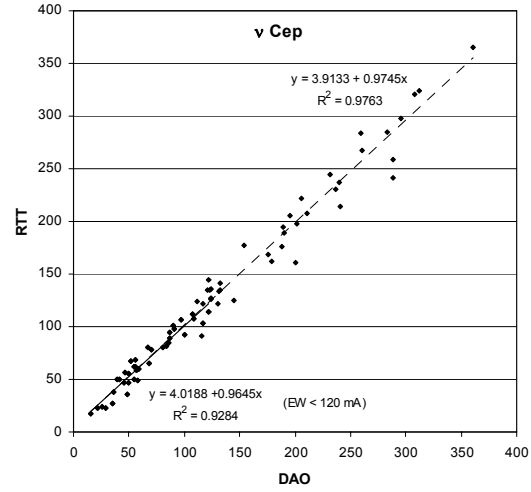
Uygulanan fitlerin sıfır civarında bulunması ölçümler için belirlenen sürekliliğin birbiriyle uyumlu olduğunu göstermektedir. DAO ile TUG'a ait tayflardan hesaplanan eşdeğer genişlik değerleri ( $\text{m\AA}$  biriminde) aşağıdaki formda verilmiştir;

$$EW (RTT) = b + EW (DAO) \times x.$$

Şekil 10 ve 11'de üst bölümde verilen eşitlik, dikkate alınan bütün çizgilere uygulanan fit sonuçlarına, alt bölümde verilen ise (EW)  $\leq 120 \text{ m\AA}$  olan çizgilere aittir.



**Şekil 10.** 4 Lac'ın RTT ve DAO tayflarından ölçülen eşdeğer genişliklerin ( $m\text{\AA}$ ) karşılaştırılması.



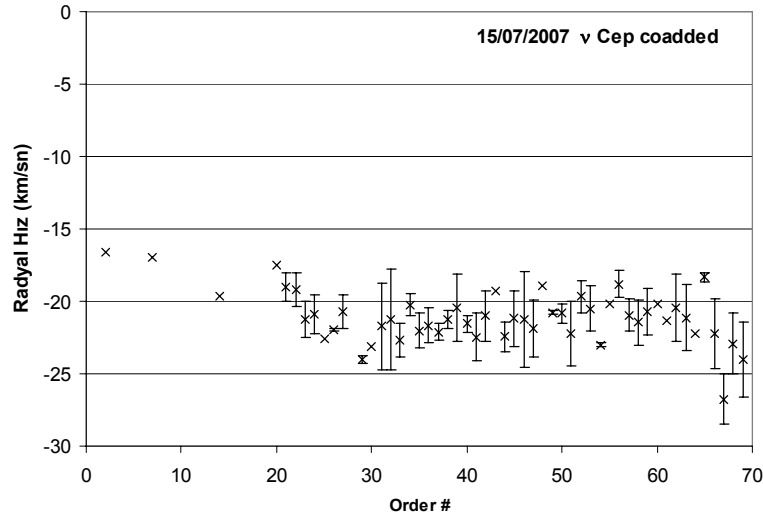
**Şekil 11.** v Cep'in RTT ve DAO tayflarından ölçülen eşdeğer genişliklerin ( $m\text{\AA}$ ) karşılaştırılması.

## 5. Sonuçlar

Bu çalışma ile, temel hedefimiz olan yüksek ayırma güçlü ve yüksek S/G değerine sahip tayfsal gözlemlerin elde edilmesi ve bu gözlemlerin kimyasal bolluk analizinde kullanılıp kullanılmayacağı ortaya konulmuştur. Çalışmamız sonucunda tayfsal gözlemlerin kimyasal bolluk analizinde genel olarak kullanılabilceği ortaya çıkmıştır.

- Tayfsal indirgemeler ve hesaplamalarda IRAF programının sonuçları test edilmiştir.
- En uygun bias görüntü sayısı 20 civarında olup bundan daha fazla sayıdaki bias görüntülerinin birleştirilmesi ile ortalama değere ilişkin standart sapma değerinde fazla değişme olmamaktadır. İndirgeme sürecinde bias görüntüleri tayfsal görüntülerden çıkarıldığından bias üzerinde bulunan hata sonuç tayflara ilave olarak eklenir.
- En uygun flat görüntü sayısı benzer şekilde 20 olarak belirlenmiştir. İndirgeme sürecinde tayfsal görüntüler, flat görüntüsünden bias görüntüsü çıkarıldıktan sonra normalize edilerek bölündüğünden sonuç tayflara kesirsel olarak etkide bulunur.
- Tayfların birleştirilerek (coadded) incelenmesi sinyal-gürültü oranının önemli ölçüde artmasına neden olmuştur.

- Orderların mavi, kırmızı ve merkez bölgelerine ilişkin S/G değerlerinin incelenmesinden; merkezi bölgenin en yüksek S/G değerlerine sahip olduğu, mavi kanadın kırmızı kanada göre daha yüksek S/G değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Böylece zayıf çizgilerin belirlenmesi merkez bölgesinde en iyidir. Bu durum özellikle CNO, ağır elementler ve nadir toprak elementlerine ait zayıf çizgilerin tespit edilip tanımlanmasında önemlidir.
- Yüksek ayırma gücüne sahip tayfların karşılaştırılması TUG ve DAO'da gözlenen 4 Lac ve v Cep yıldızları için gerçekleştirilmiştir. Çizgi eşdeğer genişliklerinin karşılaştırılması eşel orderlarının merkeze yakın bölgelerinde bulunan çizgiler için yapılabilmektedir. Özellikle order kenarlarına rastlayan bölgelerde yüksek gürültü nedeniyle zayıf çizgiler tespit edilememiş ve/veya ölçülememiştir. RTT150 CET için elde edilen eşdeğer genişlik değerleri DAO'nunkinden yaklaşık olarak %0.9 kadar daha küçüktür. Orderların mavi ve kırmızı kanatlarındaki S/G değerleri çizgi profili ölçümü için yeterli değildir. Bir order'ın tüm çizgileri 50 ile 55'nci orderlarda en iyi tespit edilebilmiştir.
- Order merkezi civarında S/G~200+ olması durumunda tayfsal analizler için çizgi profili ölçümünün yeterli olduğu fakat zayıf çizgilerin incelenebilmesi için orderların çoğu için S/G değerinin 200'den daha yüksek olması gerektiği görülmüştür.
- Bu çalışmada v Cep yıldızı için tanımlanmış metal çizgilerinin Doppler kaymasından radyal hız değişimi  $-21.07 \pm 1.79$  km/sn (bkz. Şekil 12) olarak belirlenmiştir. Yüce [5,6] 1999-2000 yıllarına ait DAO tayflarından bu yıldızın radyal hız değerlerini -11 ile -26 km/sn olarak hesaplamıştır.



*Şekil 12.  $\nu$ Cep yıldızının RTT150 eşel tayfindan ölçülen radyal hızlar.*

### **Kaynaklar**

- [1] Gulliver, A. F., & Hill, G. (2002), “*A Customized Spectroscopic CCD Reduction Package*”, in *Astronomical Data Analysis Software and System XI*, ed. D. A. Bohlender, D. Durand, & T. H. Handley (San Francisco: ASP), ASP Conf. Ser., 281, 351
- [2] Hill, G., Fisher, W. A., & Poeckert, R. 1982a, “*The Reduction of Spectra - Part Two - Vline - an Interactive Line Fitting Spectrophotometric Reduction Program*”, Publ. Dom. Astrophys. Obs. Victoria, 16, 27
- [3] Hill, G., Fisher, W. A., & Poeckert, R. 1982b, “*The Reduction of Spectra - Part Three - Reduce - an Interactive Spectrophotometric Program*”, Publ. Dom. Astrophys. Obs. Victoria, 16, 43
- [4] Royer, F., Grenier, S.; Baylac, M.-O.; Gómez, A. E.; Zorec, J. 2002, “*Rotational velocities of A-type stars in the northern hemisphere. II. Measurement of  $v \sin i$* ”, *Astronomy & Astrophysics*, 393, 897-911
- [5] Yüce, K. 2003, “*4 Lac and  $\nu$  Cep Yıldızlarının Tayfsal Analizleri*”, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara
- [6] Yüce, K. 2005, “*Spectral Analysis of 4 Lacertae and nu Cephei*”, *Baltic Astronomy*, 14, 51-82.

### **Teşekkür**

Bu çalışmada yıldızların belirlenmesi sürecindeki literatür aşaması kısmında SIMBAD veritabanı (Strasbourg, Fransa) kullanılmıştır. Sağladığı gözlem olanaklarından (gözlem zamanı, teleskop, ulaşım, konaklama) dolayı TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) Müdürlüğü'ne ve gece gözlemcisi Murak Parmaksızioğlu'na teşekkür ederiz.